

13
2el.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL ENTORNO, DE LAS APLICACIONES Y DEL
DESARROLLO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA COMO
PLATAFORMA BASE PARA PROPONER LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS MECATRÓNICOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

PRESENTAN:

PEDRO ARAGÓN VIGIL

LUIS WINTERGERST FISCH



DIRECTOR DE TESIS: ING. VÍCTOR GONZÁLEZ VILLELA.

CIUDAD UNIVERSITARIA.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Al Ing. Victor González, por su valioso apoyo y confianza durante todo este tiempo.

INTRODUCCIÓN	
I ENTORNO DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA	
I.1 Historia de la Mecatrónica	1
I.1.1 Antecedentes	2
I.2 Definición y Concepto	3
I.3 Características de los Sistemas Mecatrónicos	7
I.3.1 Sistemas Mecatrónicos	9
I.4 Áreas de Aplicación de la Mecatrónica	11
I.4.1 Automatización de la Industria	11
I.4.2 Automatización de la Oficina	13
I.4.3 Automatización del Hogar	17
I.5 Panorama de Desarrollo	18
I.5.1 En la Educación	18
I.5.2 En la Industria	20
I.5.3 En la Investigación	23
II DISEÑO EN MECATRÓNICA	26
II.1 Condiciones para el Desarrollo de Productos	26
II.2 Metodología del Diseño Mecatrónico	27
II.3 Teoría del Diseño Mecatrónico	30
II.4 Metodología del Diseño Mecatrónico	42
II.4.1 Funciones de un Sistema Mecatrónico	42
III ÁREAS DE DESARROLLO Y APLICACIÓN	48
III.1 Robótica y Automatización	48
III.2 Productos Mecatrónicos	58
III.3 Desarrollo y Aplicaciones en la Industria	59
IV MECATRÓNICA EN LA EDUCACIÓN Y TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA MEXICANA HACIA LA AUTOMATIZACIÓN	72
IV.1 Un Panorama de la Educación Mecatrónica en México	72

IV.2 Tendencias de la Industria Mexicana hacia la Automatización	76
V ESTUDIO, ANÁLISIS, PROPUESTA Y CONCLUSIONES	81
V.1 Método Utilizado para el Desarrollo de la Tesis	81
V.2 Propuesta para el Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Mecatrónico	83
V.3 Temario de las Materias para la Propuesta de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica	87
V.4 Conclusiones	92
V.4.1	
BIBLIOGRAFÍA	96
APÉNDICES	

INTRODUCCIÓN

La capacidad de una industria para hacer y vender sus productos en el mercado se está volviendo cada vez más dependiente de la habilidad para integrar la electrónica y tecnología computacional con la ingeniería mecánica. El éxito de muchos productos y procesos (robots, máquinas herramienta, sistemas de manufactura, máquinas lavadoras, cámaras, etc) depende de la habilidad para explotar los avances en esas tecnologías e integrarlos a las etapas de diseño de una gran variedad de sistemas mecánicos primarios. Como resultado tenemos sistemas que son más baratos, más simples, más confiables y con mayor flexibilidad y adaptabilidad que sus predecesores. Esta integración ha hecho posible desarrollos como los compact disc, cámaras de auto foco, aviones de control remoto, y sistemas de manufactura que no podrían ser concebidos por sistemas convencionales. Por lo que en un ambiente altamente competitivo, solamente aquellos nuevos productos y procesos en los cuales se realice una combinación efectiva de la electrónica, la mecánica y computación, serán exitosos.

En esta situación de competitividad, la vieja división entre la ingeniería electrónica y mecánica está dando lugar al concepto de la Mecatrónica en la ingeniería de diseño. La ingeniería de diseño es un complejo proceso que involucra muchas habilidades y disciplinas. Con el desarrollo tecnológico, la educación especializada a niveles de licenciatura ha dado como resultado la tendencia a la separación de las disciplinas de la ingeniería. Como consecuencia la mayoría de los ingenieros que están relacionados con el desarrollo de productos, han sido educados en un área de la ingeniería solamente, y deben depender de otros ingenieros o en fuentes de soporte de tecnología disponibles. Esto funciona bien dentro de un ambiente estructurado adecuadamente y en algunos individuos, pero la carencia de conocimiento directo de lo que puede ser adquirido en alguna disciplina, en particular de la ingeniería, generalmente resulta en fallidas oportunidades y diseños pobres o deficientes.

Con todo lo anterior y gracias a encuestas realizadas en la industria, nos hemos dado cuenta que una de las mayores limitaciones de las compañías para explotar los beneficios de la mecatrónica, es la falta de ingenieros profesionalmente calificados, educados y entrenados en una moda de disciplinas inter-relacionadas. Este problema tiene sus raíces en el hecho de que la educación universitaria, actualmente, no cumple con estas necesidades. Existen requerimientos de una educación multidisciplinaria para ingenieros que mantenga la competitividad.

Aun así existe una demanda creciente de la industria por ingenieros cuyas habilidades y conocimientos no estén confinados a sólo un área en particular, sino a aquellos que son capaces de comunicarse sobre las barreras artificiales que en algunos casos se han establecido y proveer el vínculo con aquellos que tienen habilidades especializadas. Esto ha generado la necesidad de una educación, a todos los niveles, que adopte, aunque sea en parte un acercamiento mecatrónico para enseñar la Ingeniería. Esto es a manera de proveer ingenieros diseñadores del futuro con los fundamentos necesarios para lograr una visión interdisciplinaria y la capacidad requerida por la industria.

El concepto de mecatrónica está considerado como la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, con la electrónica de control y los sistemas pensantes para el diseño de productos y procesos.

El éxito de las industrias de manufactura y producto terminado en un mercado mundial que crece, depende de la habilidad para integrar las tecnologías de electrónica y computación a un amplio rango de productos y procesos primariamente mecánicos.

De esta manera se ha conformado nuestro objetivo como el desarrollar graduados que puedan trabajar confiadamente en el ambiente industrial, desplegando tecnología avanzada de acuerdo a los principios de la mecatrónica y que, haciendo esto, puedan comunicarse y proveer un lazo con especialistas en áreas específicas de la tecnología. En particular, estos ingenieros mecatrónicos tendrán niveles significativos de experiencia abarcando las principales áreas de la ingeniería mecánica, eléctrica y electrónica y tecnología de computación e información.

Estos nuevos ingenieros estarán capacitados en la planeación, diseño, construcción y control de las nuevas tecnologías dentro de las áreas mencionadas tomando en cuenta las necesidades de manufactura, recursos financieros y las restricciones de tiempo de cualquier empresa.

CAPÍTULO I

ENTORNO DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA

CAPÍTULO PRIMERO

ENTORNO DE LA INGENIERÍA MECATRÓNICA

1.1 Historia de la Mecatrónica.

La necesidad de la disciplina mecatrónica surgió en Japón, en la década de los 60's, en relación con el anticipado control numérico por computadora (CNC), sin que se le diera todavía el nombre de mecatrónica. Los desarrollos sustanciales que tuvieron lugar en la tecnología de los microprocesadores desde los últimos 20 años, dieron como resultado la necesidad de cursos más amplios de Ingeniería, para así satisfacer los requerimientos de la industria. En Japón, esta necesidad por habilidades multidisciplinarias fué identificada en los 70's y el potencial competitivo de la integración de la mecánica, electrónica y control de procesos en productos se expandió.

Esto es evidente desde la posición líder que tiene este país en el mercado, respecto a un amplio rango de productos de consumo e industriales que incorporaron la combinación de tecnologías.

Esta integración a la industria ha sido una característica japonesa en la fabricación de productos desde aquel entonces. Pero no fue sino hasta mediados de la década de los 70's cuando la palabra mecatrónica apareció en Japón, primero en un anuncio de una compañía, posteriormente fué usada por un comité ministerial para describir la rapidez de la tendencia en aumento para combinar las diferentes disciplinas y así mejorar la realización y flexibilidad de productos y equipos de manufactura.

Sus orígenes como materia, fueron en un curso de Ingeniería impartido en la Universidad de Lancaster con un grupo de supervisores industriales. Todo esto llevó al establecimiento, a finales de la década de los 70's, de un curso optativo para finalizar el año, titulado la "interfase electromecánica", la cual entrelazaba las dos disciplinas, específicamente en el área de tecnología de transmisión.

En 1985 un curso de ingeniería mecánica en mecatrónica fué establecido también en la Universidad de Lancaster, siendo el primero en su tipo y para el cual los primeros graduados aparecieron en 1988.

La Evolución de la Mecatrónica.

De acuerdo a los autores japoneses, la mecatrónica se ha desarrollado de la tecnología mecánica. La fusión de la mecánica con la tecnología eléctrica dió origen a la electro-mecánica, que luego se integró con la microelectrónica y la tecnología de software para formar la mecatrónica.

Tres circunstancias relacionadas con la microelectrónica han sido las que han ayudado al desarrollo de la mecatrónica:

- a) Circuitos integrados baratos y producidos en masa han hecho atractivo el reemplazo de las funciones mecánicas por la electrónica.
- b) La aparición del microprocesador ha hecho posible el control de procesos mecánicos de una manera simple, precisa y a un bajo costo.
- c) La confiabilidad de los componentes electrónicos y circuitos ha venido creciendo, para de esta manera, soportar la vibración, calor y otras variables causadas por la interacción física de la mecánica.

I.1.1. Antecedentes. Los Precursores de la Mecatrónica.

En el pasado, la integración de los componentes electrónicos con los mecánicos se daba más por coincidencia que por diseño. Los microprocesadores de control eran añadidos a los sistemas electromecánicos ya existentes y esto producía ventajas importantes que se podían obtener sólo en diseños integrados, utilizando las mejores propiedades mecánicas, electro-mecánicas y elementos microelectrónicos que aun no habían sido desarrollados.

Toda esta evolución hacia la integración de las disciplinas que conforman la mecatrónica tuvo lugar en todos los países industrializados. En Europa, cada país adoptó sus propias áreas que corresponden más o menos a la Mecatrónica:

Feinwerktechnik:

Esta área de la Ingeniería fué desarrollada en Alemania del Este. Se le identificó como la ciencia que diseña y manufactura mecanismos y partes de pequeña escala. En Suiza, a Feinwerktechnik, se le conoce como "Feintechnik o Microtechnique", según corresponda a la región suiza-alemana o suiza-francesa respectivamente.

Geratetechnik:

Fué desarrollada en Alemania Democrática y se refiere a los sistemas que tienen el propósito de transformar la energía, materia e información.

Ingeniería de Instrumentación:

Desarrollada en el Reino Unido y se refiere a la disciplina que diseña y establece sistemas de medición para evaluar variables físicas.

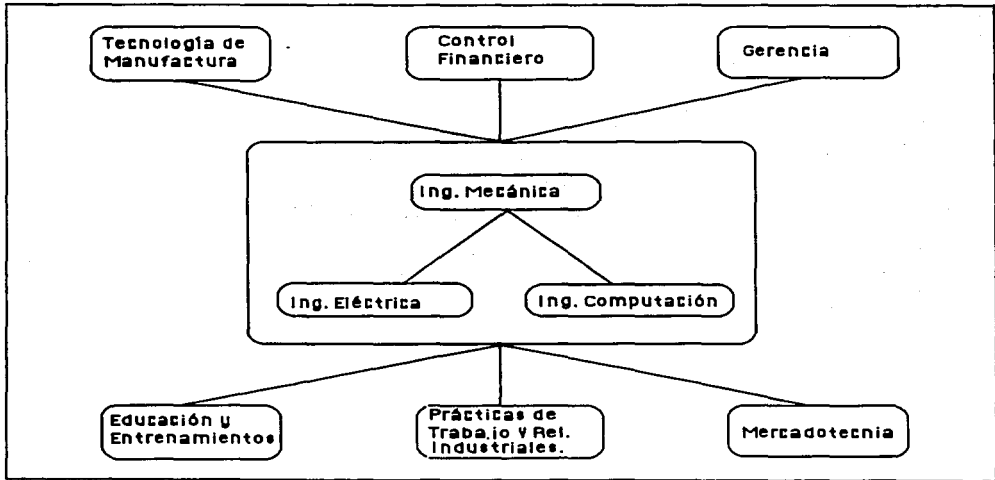
Apparatetechnik:

Desarrollada en Dinamarca cubriendo el diseño de sistemas electro-mecánicos que incluyen aspectos mecánicos de sistemas electrónicos.

Desde finales de los 40's, el escenario de la ingeniería mecánica ha sido compartido con la eléctrica y electrónica, representando a la "primera generación de la mecatrónica". A comienzos de los 70's las tareas adoptadas previamente por el hardware electro-mecánico, empezaron a ser reemplazadas por el software de computación, representando la "segunda generación de la mecatrónica". Esta tendencia continúa con el firme desarrollo de las computadoras de propósitos generales y el software, con precios cada vez más atractivos. Las áreas restantes del control programado electro-mecánicamente, están dando camino al campo más versátil, adaptable y a un costo efectivo del control por software. Durante los últimos 3 años, la introducción de ASIC (Circuitos Integrados de Aplicación Específica) está proporcionando un regreso al hardware utilizado en el pasado, aunque con los atributos del software. Esta tendencia ha sido descrita como la "tercera generación de la mecatrónica" o "supermecatrónica".

1.2 Definición y Concepto de la Mecatrónica.

Es importante hacer notar que la mecatrónica es la disciplina que integra la ingeniería electrónica, la ingeniería mecánica y la computación. Por otro lado la mecatrónica es el vínculo del diseño de sistemas de ingeniería con todo el proceso de desarrollo de productos y otras disciplinas que están íntimamente relacionadas, como se indica en la figura 1.



Rol de la Mecatrónica.

Fig. 1

En una de las reuniones de trabajo de la Comunidad Europea, la Mecatrónica fue definida como la combinación de la ingeniería mecánica de precisión con el control electrónico y los sistemas pensantes en el proceso de diseño.

Como referencia es importante hacer notar la opinión del Dr. Jack Dinsdale, profesor de mecatrónica en la Universidad de Dundee, quien opina que "la mecatrónica es una filosofía de diseño que puede ser aplicada tanto en productos como en sistemas industriales y su rasgo más importante es la adopción de un acercamiento multidisciplinario desde el comienzo del proceso de diseño hasta la aparición del producto en el mercado".

Lo que significa que, para que sea satisfactoria, una aproximación mecatrónica necesita ser establecida desde las tempranas etapas del proceso conceptual de diseño, donde las opciones pueden mantenerse abiertas antes de que la forma conceptual del proyecto esté determinada. De manera que un PLC agregado a una máquina herramienta no es un sistema mecatrónico, sino que se debe diseñar la máquina herramienta con las capacidades electrónicas en mente desde el inicio del proyecto.

Como ejemplos de estos productos mecatrónicos tenemos a las actuales cámaras modernas, como la Canon T90, la cual a diferencia de los modelos antiguos, tiene sus propios motores para el avance de la película, rebobinado de ésta y el disparo automático y en serie. También la cámara es capaz de comunicarse con el disparador del flash o si se desea tiene uno incluido, y la exposición está determinada por un microprocesador. Si todos estos elementos son diseñados desde el principio, este nuevo diseño puede ser descrito totalmente como un producto mecatrónico.

Fundamentalmente no hay diferencia entre esta cámara y una industria automatizada usando CIM (Manufactura Integrada por Computadora) o MAP(Protocolo de Manufactura Automatizada), ya que la conceptualización de ambos proyectos de diseño se basan en el mismo acercamiento desde la etapa de diseño.

Un diseño mecatrónico satisfactorio incluye ciertas tecnologías clave integradas de una manera modular y abarcando toda la estructura del sistema, tales como:

- Sensores e instrumentación (incluyendo sensores inteligentes).
- Sistemas de microprocesadores de tiempo real.
- Comunicaciones de procesadores distribuidos con redes locales de trabajo.
- Arquitecturas de control particularmente distribuidas.
- Actuadores y drives.
- Tecnología de información.
- Ingeniería de software.

Una ventaja de la filosofía de la mecatrónica es que aplica y ejecuta la tecnología más apropiada en cualquier punto del proceso dependiendo de la complejidad de éste, para producir productos y procesos que sean eficientes y ergonómicos.

Una aproximación mecatrónica al diseño de sistemas de ingeniería se esfuerza por explotar desde los primeros pasos del proceso conceptual de diseño, la inteligencia y la flexibilidad producida por el uso de microcircuitos montables y el poder de procesamiento distribuido a lo largo de todo el producto o proceso.

Una Nueva Disciplina de Ingeniería

El potencial completo de la mecatrónica no puede ser descrito únicamente por el enfoque de las tecnologías tradicionales; la mecatrónica es también una actitud mental, un modo de ver los problemas, una forma de ser.

Un verdadero concepto mecatrónico se manifiesta de la siguiente manera:

a) Realización de funciones que no habían sido visualizadas con anterioridad, porque no eran tecnológicamente posibles, ni económicamente factibles.

- b) Aumento del rango de parámetros usados para el control de maquinaria.
- c) Incremento en la flexibilidad durante el diseño y uso.
- d) Compensación de las debilidades de los diseños de mecanismos y de estructuras mecánicas, usando control electrónico para incrementar la calidad de la realización.
- e) Integración física de la mecánica y electrónica en un cuerpo para reducir tamaño y costos de manufactura.

Al surgir una nueva disciplina en la ingeniería, el papel del ingeniero de diseño cambia, dentro de las industrias mecatrónicas. Además de un conocimiento suficiente de áreas especializadas, el diseñador ahora también necesita tener la habilidad para sugerir y evaluar la combinación alternativa de tecnologías. El debe ser capaz de visualizar cómo los principios de diferentes áreas deben de complementarse uno al otro y mejorar la realización total.

El impacto de la mecatrónica no está limitado al departamento de diseño. También los papeles de los departamentos de mercadotecnia, manufactura y mantenimiento experimentan un cambio.

Definiendo Mecatrónica.

La mecatrónica es un sistema para transmitir, transformar y preservar la energía e información.

El término mecatrónica se aplica a componentes, productos, y a sistemas complejos, como lo son sensores, videograbadoras y sistemas de manufactura flexible respectivamente. El principal propósito de la aplicación mecatrónica es el crear productos competitivos que respondan a necesidades, y no solamente desarrollar funciones tecnológicas con un alto grado de sofisticación.

Para poder definir finalmente a la mecatrónica debemos clarificar también los siguientes términos:

- **Inteligencia:**
El nivel de inteligencia de un sistema está determinado por sus funciones de control. Aunque la inteligencia es una palabra relacionada con la actividad cerebral humana, en un sistema mecatrónico la inteligencia es la habilidad de utilizar un rango de parámetros para el control de funciones.
- **Flexibilidad:**
Los sistemas son considerados flexibles si pueden ser modificados fácilmente para adecuarse a situaciones y requerimientos alterados, por lo que la flexibilidad de un sistema mecatrónico es la facilidad con la que un producto puede ser ajustado a un nuevo ambiente durante su ciclo de vida.
Tales alteraciones o variaciones del producto pueden ser contempladas durante el diseño, adaptándose a nuevos mercados y estándares; o durante su manufactura, modificando el método de producción o la materia prima; y durante su uso, para adaptarse a nuevas aplicaciones.
La flexibilidad es un rasgo predominante de los sistemas mecatrónicos.
- **Precisión:**
Los productos mecatrónicos deben ser precisos en lo que se refiere a su realización y sus partes internas, ya que éstas últimas requieren de procesos precisos de manufactura. La realización precisa es realmente un rasgo característico de los productos mecatrónicos.
- **Jerarquía de subsistemas:**
+parte: es un artefacto producido sin operaciones de ensamble, como ejemplo tenemos las partes mecánicas.

+componente: es un subsistema simple ensamblado con partes y otros componentes.

+módulo o subensamblable: es un subsistema ensamblado de componentes y partes, el cual cumple una función independiente en un producto, como ejemplo tenemos las unidades ópticas y tableros electrónicos.

+producto: es el ensamble de módulos, componentes y partes, el cual realiza una función específica.

+sistema: es un ensamble de productos, que interactúan para realizar varias funciones, como ejemplo tenemos a los sistemas de automatización de la industria y la oficina.

Con lo anterior, finalmente podemos definir a la mecatrónica como la tecnología que combina a la mecánica con la electrónica y la tecnología de información para formar una interacción funcional e integración espacial de componentes, módulos, productos y sistemas.

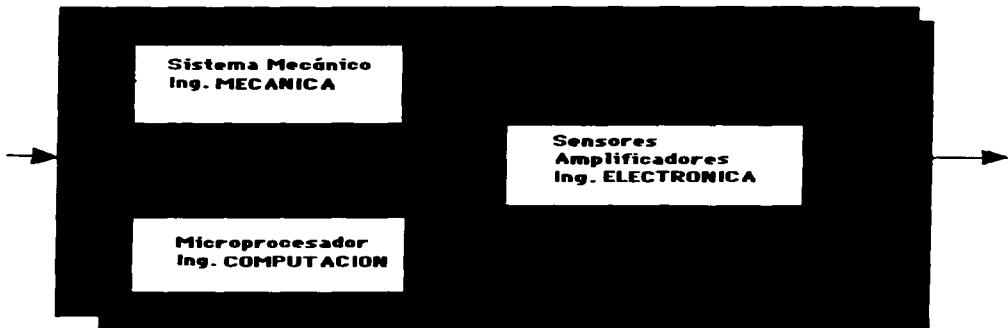
Explicando la definición, decimos que la mecatrónica es una interacción funcional, ya que las funciones del dispositivo están divididas entre las tres tecnologías. Y es una integración espacial porque los subsistemas de cada tecnología son físicamente realizables en una unidad.

Finalmente tenemos que la tecnología mecatrónica es aplicable a nivel componente, módulo, producto y sistema de un diseño. Y es importante tener conocimiento de que puede ser reconocida por ciertas propiedades típicas como la inteligencia y flexibilidad y que los niveles de estas propiedades aparecen claramente mejorados cuando se comparan con productos puramente mecánicos o electrónicos.

I.3 Características de los Sistemas Mecatrónicos.

La alta confiabilidad, el bajo consumo de energía y la producción en masa de partes son algunas de las características típicas de los sistemas mecatrónicos.

Un sistema mecatrónico típico, toma señales, las procesa y como salida genera fuerzas y movimientos. El principal resultado es la extensión y complejidad de sistemas mecánicos mediante sensores y microcomputadoras, lo cual conduce a la caracterización como "sistemas mecánicos con información manejada". El hecho de que un sistema detecte cambios en su medio ambiente mediante sensores y después procese esa información reaccionando a ella, lo hace ciertamente diferente a las máquinas convencionales.



SISTEMA MECATRONICO

Fig. 2

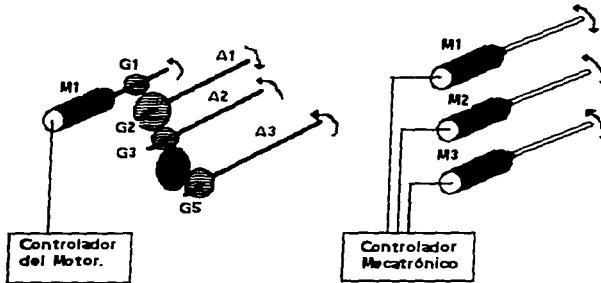
En la figura 2 se observa como el sistema recoge señales de su propio medio, las procesa "inteligentemente", y reacciona, por ejemplo, con fuerzas o movimientos. Los métodos para conectar las diferentes áreas científicas provienen de las ingenierías básicas, teoría de sistemas, técnicas de control y computación.

Características Típicas de los Sistemas Mecatrónicos.

Se puede clasificar a los sistemas mecatrónicos de acuerdo al impacto de la electrónica sobre los sistemas, en lo siguiente:

- Control electrónico añadido a los sistemas tradicionales de maquinaria.
- Algunas de las funciones mecánicas son reemplazadas por dispositivos electrónicos.
- La función mecánica es totalmente reemplazada por un concepto electrónico.

Las funciones mecánicas, que son reemplazadas por la electrónica son por lo general funciones de control.



Ejemplo de un concepto mecatrónico. Un complejo mecanismo se simplifica multiplicando los drives eléctricos y añadiendo un control por computadora.

Fig. 3

Los sistemas mecatrónicos son *inteligentes*, ya que se hacen cargo de las funciones inteligentes del usuario, donde las máquinas han reemplazado tradicionalmente las funciones musculares y de energía del hombre.

Los sistemas mecatrónicos son *flexibles*, en el sentido de que los algoritmos de control son más fáciles de modificar que la estructura de la máquina.

El sistema adquiere la característica de *multifuncionalidad* al introducir microprocesadores a las máquinas, y un gran número de posibilidades se hacen factibles, bajo el control del software y a bajo costo.

El incremento en la *complejidad* puede traer dificultades a la interfase entre el sistema y el usuario si no existe una capacitación adecuada.

Además, varias propiedades generales son mejoradas mediante el uso del concepto mecatrónico, como la *reducción en tamaño y peso* debido a la miniaturización de la electrónica, incremento en la *confiabilidad* por la reducción del número de partes móviles, ahorro en el consumo de energía debido al cambio de la mecánica por la electrónica y a un control más eficiente, y finalmente un ahorro en el costo, gracias a la utilización de componentes electrónicos estándares en lugar de partes de máquinas especialmente manufacturadas.

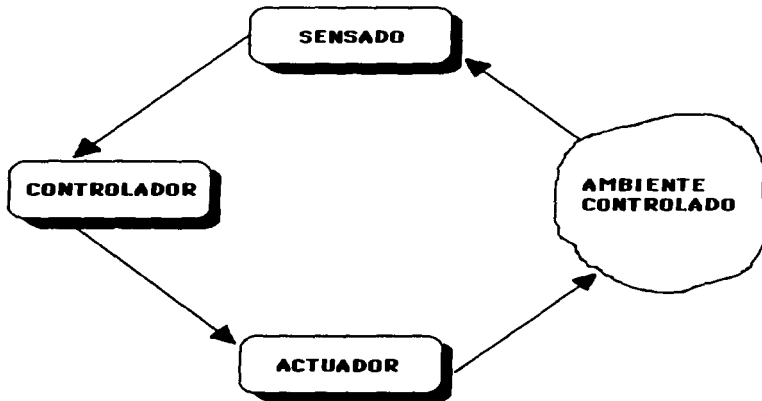
Un simple reemplazo de la mecánica con la electrónica o adición de control electrónico a maquinaria, no explica totalmente la magnitud de los sistemas mecatrónicos. Algunos sistemas, como el telefax y cámaras de video, solamente son posibles debido a la integración de la mecánica y la electrónica, y algunos sistemas adquieren completamente funciones nuevas, como la función de auto foco de las cámaras electrónicas y la función de memoria de las máquinas de escribir eléctricas.

I.3.1 Sistemas Mecatrónicos.

Los sistemas mecatrónicos están constituidos de elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de software, soportados por estructuras mecánicas en donde son dispuestos de tal manera que interactúan entre sí en condiciones espaciales y temporales, siendo accesibles a las teorías científicas.

Son sistemas híbridos, es decir, incorporan principios de operación, mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos, neumáticos, ópticos, acústicos, etc, creados para transmitir, procesar, transformar y preservar energía e información. Se mantienen en estado uniforme mientras se encuentran en operación, lo que les permite estar en condiciones de realizar un trabajo continuo, conservando constante sus relaciones de masa y energía promedio.

Una visión más clara acerca de la estructura diagramática de la mecatrónica sería aquella que considera los fundamentos de la mecatrónica, que son la información y el control.



Sistema Mecatrónico Básico.

Fig.4

La información acerca del estado del sistema y su comportamiento es suministrada por sensores que continuamente monitorean las condiciones y su desempeño. Esta información es transferida al controlador que inicia cualquier ajuste necesario del sistema por medio de los actuadores. Todas estas funciones son desarrolladas por sistemas convencionales de control que tienen por naturaleza limitantes relativas en su capacidad y alcance restringidos, resultando por ejemplo en máquinas especializadas de flexibilidad limitada que necesitan largos períodos de ajuste y su confiabilidad es muy pobre.

Un sistema mecatrónico difiere de un sistema controlado convencionalmente en el refinamiento de los sistemas mecánicos, ya que se hace posible una integración de las tecnologías electrónica y computacional. El resultado es generalmente el proveer un aumento de velocidad y mayor exactitud lograda por sistemas más flexibles que pueden ser rápidamente reconfigurados para cumplir con una gran variedad de condiciones de operación. Podemos también hacer notar que es fundamental el enlace de la electrónica con los sistemas mecánicos en todas las etapas del proceso de diseño, desde las especificaciones iniciales del producto hasta la producción del mismo.

En particular, el desarrollo del microprocesador y su resultante habilidad para habilitar el poder de procesamiento dentro y fuera de los sistemas juega un importante papel dentro de la mecatrónica. Por ejemplo, en el caso de los sensores, periféricos y actuadores, la incorporación de una fuente de procesamiento local dedicado que controla tales dispositivos para proveer una mayor flexibilidad al sistema, permitiendo que las operaciones sean independientes del controlador principal, si es necesario. Estos "sensores y actuadores inteligentes" son importantísimos en el desarrollo a gran escala de sistemas mecatrónicos distribuidos.

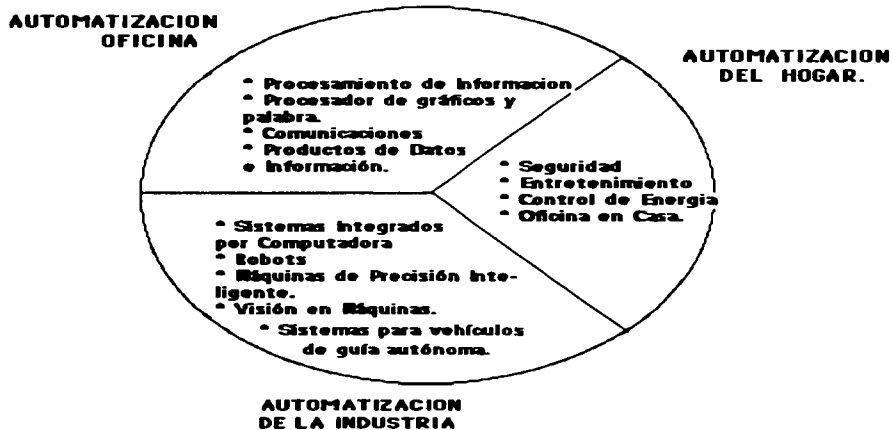
También la ingeniería de software tiene un papel muy importante que jugar en el desarrollo de los sistemas mecatrónicos mediante el desarrollo de los programas de operación. No sólo por los requerimientos funcionales, sino por otros factores tales como la necesidad de comunicación con otros sistemas. La selección del procesador debe de considerar, además de los requerimientos de su desempeño, también los factores externos tales como el ambiente de operación.

Los sistemas mecatrónicos tienen vínculos cercanos con la tecnología de la información y la ingeniería de la información. Un ejemplo de esto sería el desarrollo de una planta automatizada de producción. Aquí, la flexibilidad inherente de un CNC (Controlador Numérico Computarizado), combina la transmisión de datos y su manejo para posibilitar el reemplazo de máquinas especializadas de capacidad relativamente limitada, por máquinas de propósito general y robots, o por ensambles modulares que tienen un control interno de parámetros tales como la posición, velocidad y aceleración, al mismo tiempo que el sentido de carga y forma. Como la flexibilidad es una característica importante de los sistemas mecatrónicos la habilidad de reprogramar rápidamente una parte o todo el sistema, (local o centralmente), es también de particular importancia. Estos desarrollos de tecnología han sido asistidos por la introducción de redes locales tales como el BITBUS y el FIELDBUS, al igual que sistemas completos de oficina y planta basados en protocolos para la transferencia de datos como el MAP y el TOP.

I.4 Areas de Aplicación de la Mecatrónica.

Explicadas las características de los sistemas mecatrónicos es importante dar una breve explicación sobre las áreas de aplicación de esta nueva rama de la ingeniería . Posteriormente en el capítulo III se tratará con mayor profundidad la aplicación en el área de la industria, la cual está íntimamente ligada a la de la oficina y que nosotros consideramos las de mayor importancia para nuestro trabajo.

La Mecatrónica establece nuevas tendencias dentro de la fábrica, la oficina y el hogar.



EL MUNDO DE LA MECATRONICA.

Fig. 5

En todos los casos estas tendencias nos llevan a una mayor automatización de procesos y actividades, que nos permiten optimizar nuestro trabajo y nuestros recursos, es decir nos lleva a la manipulación de la información y de los materiales, de una manera automática para producir de esta forma un bien o servicio.

I.4.1 Automatización de la Industria.

La primera de estas tres amplias áreas se refiere a la automatización de la planta, a la cual la alta tecnología está reconstruyendo y dando forma. A pesar de que existen todavía pocas actividades que son totalmente integradas, están siendo desarrolladas plantas prototipo que tienen la capacidad de construir una gran variedad de productos, además de cambiar de uno a otro en una misma línea de producción con un simple comando de computadora y reprogramación.

La implementación de sistemas para la automatización de la planta se duplicó de 1980 a 1985 y para 1990 se triplicó, ver figura 6, con lo que podemos observar que la industria automatizada está emergiendo lentamente después de décadas de descuido.

Proyecciones de Crecimiento para Sistemas Tecnológicos de Manufactura Avanzada

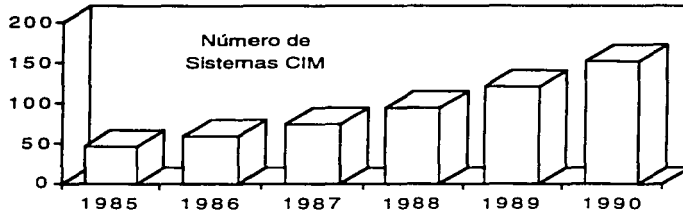


Fig. 6

Necesitamos invertir en tecnología mecatrónica ahora, para así evitar más erosión en los mercados de nuestros productos.

Automatizando el flujo de información por medio del uso de computadoras, se elimina la mano de obra en cierto grado, pero tareas superiores y de dirección son reducidas hasta en un 50%. El ahorro significativo en tareas superiores, la reducción de refabricado y el inventario reducido obtenido por el "justo a tiempo" son razones de peso para automatizar.

El reto para los que desarrollan sistemas de automatización debe ser el reunir las tecnologías de robots inteligentes, visión de maquinaria, planeación de procesos, funciones de ayuda de diseño y manufactura por computadora, e interconexión y control de su realización de manera que la totalidad de la secuencia sea optimizada.

Las aplicaciones de la tecnología de manufactura son cruciales para los principios mecatrónicos. Así podemos decir que los elementos que constituyen la automatización de la planta son: Sistemas integrados por computadora, robots inteligentes y sistemas de visión para maquinaria. Dentro de CIM las herramientas más utilizadas son el Diseño Asistido por Computadora (CAD), Manufactura Integrada por Computadora (CAM) y la inteligencia artificial en la manufactura.

La automatización de la planta producirá, si es creada en un ambiente mecatrónico, variedad, calidad, mejor control de inventarios, reducción de accidentes, conveniencia al usuario y beneficios al empresario para poder ver las realidades futuras.

Automatizar adecuadamente significa entender y planear extremadamente bien hacia la excelencia.

I.4.2 Automatización de la Oficina.

El término automatización de la oficina implica productividad, progreso, técnicas modernas, innovación y otros superlativos, por lo que no debe ser considerado como nada nuevo. En todo tipo de automatización el manejo de la información es esencial, ésta debe ser accesible cuando y donde sea requerida, si no es así, su retraso puede significar su inutilidad. La meta en aplicar tecnología de información es entregarla al usuario en el menor tiempo y costo. La tecnología de información elimina la distancia, y es considerada un factor importante para determinar el grado de control que los directores ejercen sobre las operaciones. También reduce el tiempo requerido para analizar grandes volúmenes de datos y hacen de la información resultante material disponible para aquellos que la necesitan en la toma de decisiones. La mecatrónica ayuda a concebir, diseñar y producir nuevos productos que incrementan la productividad de la oficina integrada del futuro.

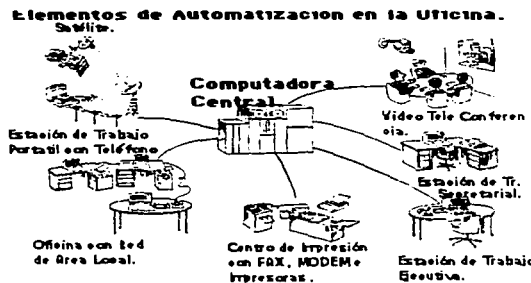


Fig. 7

El principal provecho de una oficina automatizada no es el incremento de trabajo producido, sino una mayor eficiencia y productividad logradas por las funciones de reorganización y reestructuración en la oficina.

La oficina del futuro debe ser diseñada como un sistema, si ésta quiere ser totalmente compatible y eficiente. Los principios de ingeniería de sistemas definirán una operación completa mediante la especificación de las condiciones de entrada y salida del sistema. Este acercamiento permitirá observar la manera en la que están trabajando los sub-elementos. Una vez que todas las especificaciones han sido definidas, los bloques constructivos del sistema deberán ser desarrollados para interactuar unos con otros y con la totalidad del sistema.

La amplia utilización de equipo para oficina ha creado la necesidad de integración y unión entre todos sus componentes para asegurar una red de trabajo eficiente y capaz. Cada área del espacio de trabajo crea necesidades específicas para gente que las llene. El mecanógrafo necesita tener la habilidad para el uso del procesador de palabras y la capacidad de manejo de archivos. La secretaria necesita de estas habilidades también, pero además debe contar con la capacidad para enlazarse al correo electrónico y a la información programada del día. El jefe de la secretaria trabajará un poco con el procesador de palabras y el correo electrónico, además de tener algún conocimiento de computación y habilidades para el acceso a la hoja de cálculo y base de datos.

Las redes de área local permiten el uso común de las funciones requeridas entre los usuarios. Los directores pueden compartir información y archivos. Además de que las conferencias se hacen más sencillas para todos en la red y en cualquier lugar del mundo al que se esté interconectado. Se pueden continuar actividades, dentro de un procesador de palabras, que ya habían sido creadas en su archivo correspondiente por alguna otra persona. Con el uso de técnicas de redes y teoría de colas es relativamente simple definir cuánto equipo será necesario en la realización de un proyecto, usando el mínimo de componentes a un precio óptimo.

Con toda esta automatización surgirán nuevas necesidades dentro del personal, como los son el manejo del correo electrónico, procesador de palabras, gráficas y disposición de datos. Oficinas más grandes sumarán a lo anterior la teleconferencia, interfases de automatización de la planta y diseño asistido por computadora entre otras.

Funciones Básicas de una Oficina Automatizada.

Dentro de las actividades primarias desarrolladas en la oficina automatizada se tienen:

- **Recolección de datos.** La información recibida de clientes, agencias gubernamentales, proveedores y otros grupos debe ser dispuesta de manera accesible para su procesamiento.
- **Almacenamiento y organización de datos.** Los datos son utilizables solamente si están organizados, de manera que sean identificables y accesibles. Las tecnologías modernas de almacenamiento y organización nos facilitan desde sistemas de macrocomputadoras hasta computadoras personales, según sean las necesidades. Desde fotocopiadoras hasta sistemas de telecomunicación ayudan a la centralización y disponibilidad de datos. Una base de datos compartida reduce los problemas de actualización de copias múltiples.
- **Acceso y disposición de datos.** Dentro de esta función está incluida la actividad de otorgar derechos a las personas que puedan disponer de datos, así como de negárselos a quién no le correspondan. Todo esto se hace mucho más sencillo y seguro contando con una tecnología avanzada que permita mantener una red de trabajo actualizada; además de disminuir el trabajo si hay la necesidad de corregir información errónea, comparado con el trabajo que ocasionaría la corrección en papel de gran cantidad de copias. Es mucho más eficiente el acceder solamente la información de interés, que buscar dentro de varios documentos en papel y encontrarla. Con la ayuda de las tecnologías modernas el usuario puede identificar y disponer de la información necesaria en un abrir y cerrar de ojos.
- **Procesamiento de datos.** La velocidad a la que el hombre puede procesar y analizar información está sumamente limitada. Pero la tecnología de información moderna nos provee de herramientas poderosísimas, sistemas que disponen y ordenan infinidad de datos según las especificaciones del usuario, en un tiempo mínimo. Mientras el número de usuarios se ha incrementado, la tecnología ha evolucionado de manera que cada vez se necesita menos grado de preparación técnica por parte del usuario.
- **Comunicación de resultados.** La última función de la oficina automatizada es la entrega de información. Tradicionalmente ésto se hacía mediante una copia en papel o de forma oral, lo que ocasionaba mucho esfuerzo y pérdida de tiempo. La tecnología moderna permite al usuario especificar el formato en el que la información será entregada, ésta puede ser presentada en pantalla si así se desea y la distancia es neutralizada con los sistemas de telecomunicación.

Tecnologías Mecatrónicas Utilizadas en la Automatización de la Oficina.

La tecnología consiste en las herramientas disponibles y el conocimiento de cómo usarlas. Las computadoras y las telecomunicaciones pueden carecer de valor para aquellos que no tengan un entendimiento claro de cómo integrarlas en su ambiente empresarial y no comprendan los beneficios que pueden proporcionarles. Los sistemas integrados en lugares en los que no se tenga este entendimiento pueden fallar y representar un desperdicio de recursos muy importante. En muchos casos, resultar en la creación de barreras para la futura introducción de tecnología.

Los proveedores de tecnologías para la oficina se pueden dividir en tres niveles:

- Proveedores de equipo utilizado en oficinas durante las últimas décadas. Como lo son las máquinas de escribir, calculadoras, copiadoras, etc.
- Fabricantes de equipo de cómputo.
- Especialistas en telecomunicaciones.

Nosotros nos enfocaremos en las dos últimas categorías de proveedores. Desde una perspectiva funcional, las tecnologías de procesamiento de información y de telecomunicaciones pueden ser agrupadas en cinco grandes categorías:

1.- Procesadores.

Que van desde una simple microcomputadora, indispensables actualmente en todo tipo de oficinas, hasta las supercomputadoras que son máquinas con un alto grado de perfeccionamiento, muy veloces y con enorme capacidad de almacenamiento.

2.-Tecnologías de entrada.

Estas tecnologías de entrada son los dispositivos de captura de datos, que van desde el más simple, que es el teclado y que algunas veces puede ser sustituido por el ratón o por las pantallas de tacto, hasta la tecnología de reconocimiento de voz, actualmente en desarrollo.

3.-Almacenamiento.

Dentro del almacenamiento de información encontramos varias posibilidades como las tarjetas perforadas, cinta magnética y discos magnéticos y ópticos, éstos últimos tienen 25 veces mayor capacidad de almacenamiento que un disco magnético y son grabados a través de un laser. En el almacenamiento también entra el procesamiento de imágenes que permite almacenar dibujos, fotografías, mapas, y otras formas de información gráficas, al ser escaneadas, almacenadas y luego incorporadas a bases de datos o textos.

4.-Comunicación.

Incluye las tecnologías que son utilizadas para transmitir información entre gente y computadoras y son: redes de telecomunicación que ofrecen transmisión de voz, datos, video y facsimile dentro de una misma red, en forma digital.

Comunicación móvil, redes de área local y teleconferencia, donde existen dos clases, la conferencia computarizada y la videoconferencia, en las que la distancia no es un factor de restricción. En la primera tampoco lo es el tiempo, ya que cada participante puede ir aportando comentarios al momento que más le convenga.

5.-Software. Que incluye todos los procedimientos, documentos y programas de computadora para las tecnologías de computación de la oficina.

Los principios mecatrónicos requieren que la automatización de la oficina confíe totalmente en los elementos de computación, trabajando armónicamente en la realización del total de las tareas de la oficina, desde procesamiento de palabras, hasta comunicación electrónica.

<p>Procesadores de Palabra</p> <ul style="list-style-type: none"> + Interfase de Voz + Textos y Gráficos 	<p>Bases de Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> + Sistemas de Administración + Bases Históricas + Nuevos Formatos 	<p>Copiadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> + Multicolor + Alta Velocidad 	<p>Impresoras</p> <ul style="list-style-type: none"> + Silenciosas + Alta Velocidad + Uso Amigable
<p>Redes Locales</p> <ul style="list-style-type: none"> + Correo Electrónico + Transferencia de Información 	<p>Sistemas de Manejo de Inf.</p>	<p>Interfases</p> <ul style="list-style-type: none"> + Compatibilidad + Comunicaciones de gran alcance 	<p>Computadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> + Estaciones Remotas de Trabajo + Portátiles

Elementos de la Automatización de la Oficina.

Fig. 8

I.4.3 Automatización del Hogar.

Este tema se tratará someramente ya que nuestro principal interés se enfoca hacia la industria y a la oficina.

El hogar del futuro también se vuelve un área de aplicación para los principios mecatrónicos ya que éste estará conectado al centro de recursos "media" donde estarán incluidos entretenimientos y noticias por radio y televisión. Bancos de grabaciones con educación por video y audio estarán disponibles en cualquier momento. Otra forma de mantenerse en contacto desde el hogar será mediante la terminal y el modem, con los que será posible comunicarse a tiendas departamentales, para ordenar por computadora y pagar a través del banco electrónico. Itinerarios de agencias de viajes, servicios noticiosos y servicios especiales de educación, estarán a la mano de todos.

Otro de los sistemas del hogar que puede ser automatizado se refiere al sistema de seguridad, este le proporciona protección contra intrusos y contra el fuego.

Asimismo se pueden llegar a automatizar los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, alumbrado, agua, etc.

Dispositivos + Uso eficiente de Energía.	Construcción de Casas. + Edificaciones Modulares. + Cableado Prefabricado.	Materiales + Cerámicas. + Plásticos. + Composite.	Entretenimiento + Centros de Información caseros. + Pantallas de alta densidad.
Alarmas de Seguridad. + Fuego. + Robo. + Alerta.	Oficina en Casa. + Estaciones de Trabajo. + Comunicaciones. + Banco en casa.	Robots. + Servicios de Mantenimiento. + Herramientas de Educación.	Controles. + Aire Acondicionado. + Tiempo.

Sistemas de Automatización del Hogar.

Fig. 9

I.5 Panorama de Desarrollo

I.5.1 La Mecatrónica en la Educación.

La Mecatrónica en la Educación de la Ingeniería de Diseño.

El desarrollo de la mecatrónica ha hecho posible la existencia de cursos hasta de tres años, dentro de varias Universidades de Inglaterra, estos cursos de mecatrónica pura tienen fundamentos interdisciplinarios en ingeniería, seguidos por una especialización al final del curso, en áreas tales como ingeniería electrónica y mecánica, compartiendo materias tales como modelaje de sistemas, métodos numéricos y computación, instrumentación, ingeniería de control y microprocesadores. Aunado a esto, el uso de ejercicios de diseño, construcción y prueba, en los dos primeros años de los cursos, desarrollan el marco integral del diseño y sirven para introducir a los alumnos a los conceptos de Diseño Asistido por Computadora (CAD y ECAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM), al igual que en la tecnología de manufactura.

La integración dentro de la gran variedad de áreas debe ser el objetivo de cualquier estudio serio de mecatrónica. Esto se logra con proyectos individuales y mediante series de ejercicios y seminarios, al mismo tiempo que existen proyectos de grupo orientados a la industria. Esto finalmente involucra al grupo de estudiantes para trabajar efectivamente como un equipo de diseño frente a problemas reales que la industria afronta todos los días.

Educación Mecatrónica

Una tarea urgente para los educadores, es la de enterar a los ingenieros de todos los niveles acerca del término mecatrónica y de su importancia en la industria.

En muchos países el tradicional camino seguido por la educación en ingeniería y por instituciones ingenieriles ha sido hacia la especialización. Los departamentos de ingeniería en las universidades han seguido una ruta evolutiva similar; aunque varios fueron concebidos inicialmente como departamentos de ingeniería, con algunas pocas excepciones notables la mayoría se han desarrollado hacia departamentos especializados, y también aquellos que han mantenido el carácter de ingeniería general promueven una especialización en el último año. Hoy, una nueva rama de la tecnología probablemente se originará como necesidad de un pequeño grupo, algunas veces una persona, dentro de un departamento, e irá creciendo gradualmente en tamaño y recursos hasta que pueda justificar la formación de una nueva área especializada, que posteriormente se separe del departamento paterno.

Todo el concepto de mecatrónica es diferente, en lugar de ser una nueva área especializada desarrollándose de una disciplina existente, está juntando elementos de áreas existentes. De esta manera *la mecatrónica no puede ser considerada como una nueva especialización sino como una disciplina integradora, un movimiento que se opone al tradicional estilo del desarrollo académico.*

El panorama de desarrollo que tiene la Mecatrónica en la actualidad ha dado origen dentro de las universidades extranjeras a distintas opciones en la educación como son:

+Seminarios de Diseño:

Existen, dentro de varias universidades en las que se imparte la carrera de mecatrónica, seminarios de diseño, donde los estudiantes deben dar un seminario de un tema seleccionado como parte del curso de sistemas de manufactura. Estos seminarios incluyen materias típicas como las siguientes:

- Sistemas para vehículos guiados automáticamente.
- Periféricos de velocidad variable.
- Sistemas de instrumentación.

- Modelaje de superficies.
- Redes y comunicaciones.

+Proyectos de Grupo (Escuela-Industria):

Este tipo de proyectos son de gran importancia ya que requieren de la colaboración de la industria a manera de producir problemas reales que requieren soluciones reales.

El objetivo de los cursos de mecatrónica es proveer una base amplia e integralmente fundamentada en la ingeniería, la cual es esencial en el vínculo con la industria. Las visitas a industrias, el material de soporte para los ejercicios de diseño y seminarios, y los proyectos de grupo, logran objetivos claros en la profundización de estos cursos. Algunos ejemplos de este tipo de proyectos son el autohelm (controlador autoregulado de navegación en embarcaciones) en donde los estudiantes deben hacer un análisis completo del sistema incluyendo un reporte de operaciones, configuración, ensamble y manufactura del equipo. Otro ejemplo sería el controlador doméstico de energía (control de calefacción, iluminación, accesos, seguridad, etc.) en donde los estudiantes examinan y reportan las posibles opciones para su desarrollo y diseño. Las compañías involucradas son generalmente de todos los sectores de la industria manufacturera y pueden variar desde pequeña hasta gran industria y trans-nacionales.

Dada la creciente demanda de las etapas de diseño como integración de la mecatrónica en una gama muy amplia de productos y procesos, se ha hecho tangible la creciente necesidad de ingenieros capaces de adoptarlas a manera de trabajar en su desarrollo e implementación.

Cursos Actuales de Mecatrónica impartidos en Universidades Extranjeras.

En la actualidad existen, en algunos países, varios cursos educacionales en mecatrónica que se han hecho disponibles a todos los niveles. La creciente necesidad de la industria por ingenieros con una educación amplia, ha hecho a la mecatrónica una opción atractiva de carrera.

Los ingenieros mecatrónicos gustan tener intereses y habilidades que cruzan los límites disciplinarios, para identificar la mezcla de tecnologías que los proveerán con la más económica, elegante y apropiada solución al problema que tengan en mano. También tienden a ser buenos comunicadores que pueden entusiasmar a otros con tecnologías fuera de las que les pertenecen, y por lo tanto romper la resistencia a las nuevas ideas.

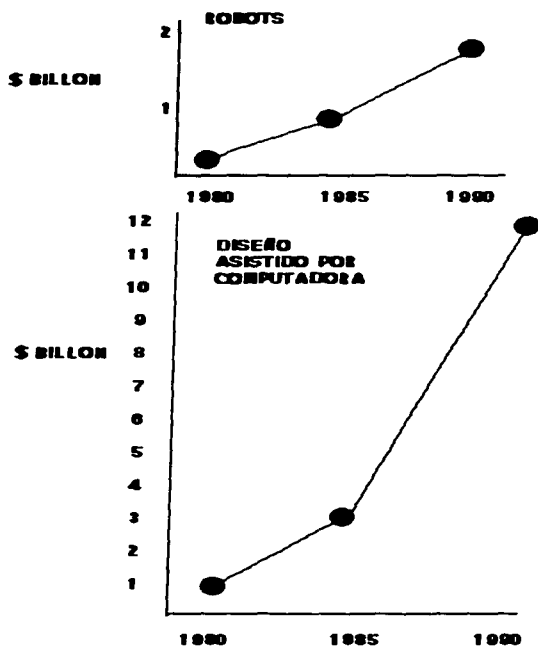
Aunque la mecatrónica involucra una actividad tripartita, la mayoría de los cursos existentes en mecatrónica han sido desarrollados en los departamentos de ingeniería mecánica, pero ésto parece estar cambiando.

Los ingenieros mecatrónicos requieren de manejar varios principios fundamentales a través de un amplio espectro de áreas. El atributo esencial para los ingenieros mecatrónicos está contenido en el nivel de integración requerido a través de todas las áreas relevantes. Estas áreas esenciales incluyen principios de ingeniería mecánica, tecnología eléctrica básica, electrónica digital y analógica, instrumentación y medición, tecnología de microprocesadores, programación computacional y control digital aplicado.

Como parte de nuestro proyecto de tesis, incluimos un estudio de universidades, realizado a nivel mundial, a manera de recabar información sobre todos los cursos existentes de Mecatrónica en todos los niveles, incluyendo licenciaturas, maestrías, doctorados y diplomados. Esta ardua y lenta recopilación de información nos arrojó datos reales y actualizados de lo que la ingeniería mecatrónica ha desarrollado hasta ahora. Esta recopilación, que incluye objetivos de los cursos, planes de estudio, materias e información en general, se encuentra disponible en el **Apéndice 1**.

I.5.2 Panorama de Desarrollo en la Industria.

Dentro de este subtema explicaremos la tendencia que ha tenido la industria desde un punto de vista mecatrónico a partir de los últimos años, así como cuales han sido los enfoques y cuales son las perspectivas de ésta a nivel mundial.



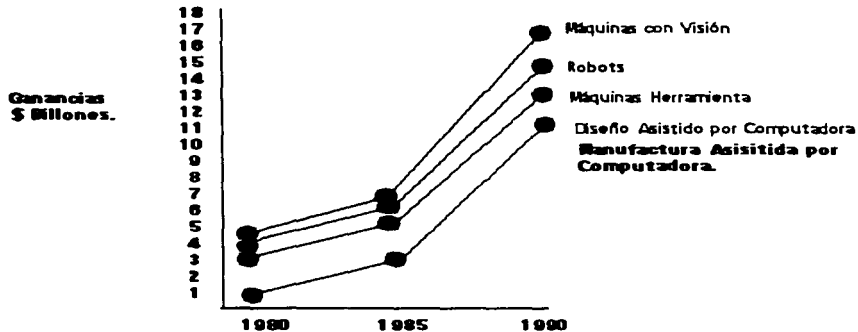
Comparación de Tendencias de Automatización para Robots y el diseño Asistido por Computadora.

Fig. 10 a

La fig 10 a nos muestra el incremento del uso de los robots, y del CAD-CAM como herramientas en la industria mecatrónica en los últimos diez años.

Inicialmente, la industria que presentaba mayores avances tecnológicos y la única con una integración completa, era la industria automotriz. Este tipo de industria tenía integrado el diseño, manejo de materiales, proceso y ensamble final a operaciones eficientes realizadas por robots bajo el control de computadoras.

Desde que los fabricantes de coches tomaron el liderazgo, los robots y computadoras diseñados para la industria automotriz, han sido reconfigurados y modificados para trabajar en otro tipo de industrias. Lo que requiere en varios casos, de nuevos parámetros de operación.



Componentes de Manufactura Automatizada y sus Tendencias de Crecimiento.

Fig. 10 b

La figura 10 b nos muestra algunos de los componentes que están ayudando al desarrollo que está teniendo la industria automatizada actualmente. Existen gran número de industrias con un avanzado grado de automatización, pero las industrias que no lo han adquirido empezarán a aceptar la nueva tecnología y a crear sus propios modelos de automatización.

A continuación nombraremos algunos de los factores clave que se están observando en el desarrollo de la industria que ha aplicado la tecnología mecatrónica:

- Una vez que se tienen sistemas robotizados encargados de tareas pesadas, los siguientes retos son las operaciones de precisión, requerimientos de visión en robots, mejoramiento en mecanismos de control y materiales más ligeros y más resistentes.
- Los sistemas robotizados grandes están echando a pique a los sistemas pequeños.
- Existen indicadores que nos muestran que la automatización se ha hecho más barata. Por ejemplo, los primeros robots encargados de soldar tenían un precio de \$150,000 dls, hoy en día cuestan aproximadamente \$60,000 dls. Lo mismo ha sucedido con los sistemas CAD-CAM y muchos otros.

- Mientras continúe el proceso de integración en la industria, el futuro traerá industrias que tengan la capacidad de hacer coches, lavadoras, televisiones y ensamblado de muebles, todo hecho en la misma planta y de una manera totalmente automatizada, utilizando especificaciones de producto almacenadas y pudiéndose modificar cuantas veces sea deseado. Las fábricas serán designadas como grandes, medianos o pequeños centros manufactureros, dependiendo de sus almacenes de materias primas y del tamaño y tipo de sistema de manufactura utilizado.
- Se requerirán mejores programas de re-entrenamiento para aquellas personas desplazadas por la automatización. Emergirán nuevas tareas de mantenimiento de equipo y servicio.

Podemos decir también que se está reestructurando y dando un gran avance a los componentes de la automatización de la industria, incluyendo a los sistemas de manufactura flexible, robótica, sistemas de diseño asistido por computadora, sistemas de manufactura asistida por computadora y control numérico en aplicaciones de máquinas herramienta, para mantener la competitividad en el mercado mundial.

Por lo que podemos decir que en la nueva tendencia existente hacia la automatización, las industrias que poseen el capital, recursos humanos y el acceso a las nuevas tecnologías de vanguardia están adoptando sistemas y modelos de fácil implementación. Esto significa que los ingenieros de las industrias actuales adoptan e implementan aquellas tecnologías que se adaptan e interactúan con la tecnología existente hacia un nuevo nivel o grado de automatización. En muchos de los casos, los avances tecnológicos dentro de la industria han sido posibles gracias al enfoque mecatrónico que se le ha dado a la ingeniería de Diseño.

1.5.3 Panorama de Desarrollo en la Investigación.

El objetivo de este punto es dar a conocer cuales son los principales centros de investigación mecatrónica a nivel mundial, así como los proyectos en los que están trabajando.

Uno de los campos en donde el término mecatrónica ha sido utilizado durante largo tiempo es el de la aeronáutica y aeronaves espaciales. Es también en este campo multidisciplinario donde se están dedicando actualmente una gran cantidad de recursos para la investigación y desarrollo, por lo que ha crecido rápidamente dentro de una gran variedad de aplicaciones vanguardistas. Este desarrollo se ha debido en gran parte a la disponibilidad, bajo costo y potencial que han adquirido los sistemas computarizados, así como a la disponibilidad de la electrónica de potencia "inteligente".

A continuación nombraremos algunos de los centros de investigación que mayor trascendencia han tenido en los últimos años, en el área de mecatrónica.

Uno de ellos es el Centro de Investigación en Mecatrónica Avanzada, el cual está a cargo del curso de mecatrónica en **La Universidad de Dundee**, Escocia, y cuenta con expertos y grandes recursos para la investigación, a través de un amplio rango de áreas de la Mecatrónica y es conocido internacionalmente por su trabajo pionero en el procesamiento de imágenes.

Otro de los centros de investigación se encuentra dentro del Departamento de Mecatrónica y óptica de la **Universidad Tecnológica de Loughborough**, en Inglaterra, y está haciendo trabajos avanzados en tele-manipulación para ambientes hostiles con aplicaciones en la agricultura, como también investigación en sentido táctil para automatización industrial y diagnóstico médico.

En la Universidad de Lancaster, Inglaterra, dentro del Departamento de Ingeniería, se están haciendo contribuciones significativas al Programa Internacional de Robótica Avanzada (IARP). El propósito de IARP es el de alentar el uso de robots avanzados para trabajar en la industria, en áreas que requieren alta seguridad y trabajan bajo situaciones de alto riesgo. El departamento de ingeniería está involucrado con el diseño de robots avanzados para su uso en ingeniería civil y en industrias de seguridad y contra incendios. Este trabajo contiene investigación en control por computadora, sistemas sensores, manejadores, diseño de mecanismos, y el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento inteligente. De particular interés es el uso de la computación para procesamiento rápido de datos, en control de tiempo real. Este centro también está trabajando con British aerospace y el Establecimiento Real Aeroespacial en el diseño de sistemas de control de vuelo para conceptos aéreos avanzados. Existe aquí mismo un grupo de investigación, que trabaja en la rama de circuitos integrados, y actualmente su investigación está dedicada a los siguientes proyectos:

*** Proyecto de circuitos integrados para sensores:**

El uso de los sensores miniatura, basados en la tecnología del silicón, está siendo incrementado en una amplia variedad de aplicaciones. Frecuentemente esos sensores proveen variaciones muy pequeñas en sus parámetros de resistencia y capacitancia en respuesta a los estímulos de presión, temperatura, fluido, etc. De este modo la incorporación de circuitos de procesamiento de señales, cerca de o sobre el mismo silicón del elemento primario de sentido, es de gran interés. Tal circuito procesador de señales ha sido proyectado usando un amplificador altamente sensitivo, similar al utilizado en las memorias de semiconductores. El circuito provee una salida digital adecuada para la interfase con un microprocesador, o comunicación por red. Un circuito prototipo ha sido diseñado y sometido al proceso de fabricación.

*** Proyecto de sistemas electrónicos de prueba de señales mezcladas:**

Actualmente los mayores problemas que presentan los métodos de prueba de los sistemas electrónicos que incorporan circuitería analógica son:

- i) Falta de técnicas analógicas para el diseño de estabilidad
- ii) Herramientas de simulación inadecuadas para el diseño de señales mezcladas, especialmente en el área de simulación de fallas, en donde se utilizan los simuladores de circuitos actualmente disponibles.
- iii) Una ausencia de rutinas de prueba automática para la generación de patrones para diseños de señales mezcladas. Las estrategias de prueba consisten en exámenes paramétricos, generados desde una especificación funcional del circuito, y requieren de un conocimiento detallado de cada circuito sobre la parte del ingeniero de prueba.

El equipo de investigación de la Universidad de Lancaster está interesado en estas tres áreas, las cuales requieren de un mayor desarrollo de herramientas asistidas por computadora.

*** Proyecto prueba de la confiabilidad:**

La investigación hacia la factibilidad usando mediciones eléctricas precisas para evaluar la confiabilidad de los circuitos integrados ha sido llevada a cabo. Fue reconocido que a pesar de que si los circuitos integrados pasaban un examen funcional, podían tener defectos en su construcción o debilidades que podían ocasionar fallas prematuras. La meta del proyecto fue por consiguiente el inventar pruebas eléctricas que pudieran revelar debilidades en el dispositivo final empaquetado.

En esta misma Universidad de Lancaster existe investigación mecatrónica en las áreas de:

-Diseño de ingeniería : se está trabajando en desarrollar una serie de herramientas para diseño por computadora, para asistir y dar soporte a los diseñadores de sistemas mecatrónicos.

-Sistemas de control de vuelo: en esta área el trabajo es para desarrollar sistemas avanzados de control de vuelo para diferentes tipos de aviones. En particular, se han desarrollado sistemas para la próxima generación de los aviones Harrier, en lo que se refiere al control de la vibración y aligeramiento del efecto del viento en aviones grandes.

-Robótica: en esta área existen 3 sub-áreas:

+Robots de seguridad y contra incendios. Se está desarrollando un robot móvil avanzado el cual puede usarse en el campo de lucha contra incendios y seguridad en edificios.

+Robots constructores. Este proyecto tiene como objetivo el diseño y operación de plantas totalmente autónomas y robotizadas. Ya ha sido desarrollado un robot excavador, el cual es capaz de perforar en forma autónoma surcos en terreno virgen.

+Manejo de material. Ha sido desarrollado un sistema de manejo de materiales, basado en el uso de la visión del robot e incorporando técnicas avanzadas de procesamiento de señales para análisis de imágenes, con el propósito de identificar y eliminar objetos entregados en orientaciones que no corresponden a las apropiadas.

-Sistemas de transporte. Ya ha sido diseñada una suspensión semi activa para un camión de peso mediano. El trabajo ahora ha sido extendido a la investigación de una suspensión inteligente de tipo neumática para vehículos de campo traviesa usando el principio de modulación en la suspensión.

El programa de robótica desarrollado en el **Centro Nacional de Sistemas de Robótica en Microelectrónica (CRSM)**, en Estados Unidos de Norteamérica, le está dando gran importancia al diseño e implementación de sistemas de robótica de alta precisión para la industria de la microelectrónica. Este ambiente de investigación, utilizando el diseño de alta precisión y maquinaria controlada por computadora, ha dado lugar a un programa de investigación mecatrónica, muy similar al adoptado por las universidades japonesas que iniciaron los programas mecatrónicos.

Existe también el Centro de Sistemas de Robótica, en la *Universidad de California en Santa Bárbara*, con algunos proyectos de investigación mecatrónica.

CAPÍTULO II

DISEÑO EN MECATRÓNICA

CAPÍTULO SEGUNDO DISEÑO EN MECATRÓNICA

En este capítulo estudiaremos temas relacionados con el diseño en mecatrónica mediante una aproximación en niveles. Niveles relacionados con el conocimiento del producto a diseñar, estructurar, desarrollar y fabricar. Revisaremos la metodología establecida hasta nuestros días para el diseño y resolución de problemas. La teoría del diseño mecatrónico y sus elementos constitutivos para lograr entender los procedimientos, principios y funciones de los sistemas afines. Al ir desglosando estos temas nos internaremos en el conocimiento profundo de las bases primordiales que propiciarán la adecuada elección de tecnología que utilizará más tarde, herramientas pertinentes al diseño tales como modelos, métodos y principios. Algunos sub-temas y descripciones se han agregado a los apéndices para su estudio y revisión.

II.1 Condiciones para el Desarrollo de Productos.

Por las características de los sistemas mecatrónicos, se han hecho necesarias medidas que aseguren su interdisciplinariedad al igual que una metodología especial durante su etapa de diseño. Logrando así que los mercados de estos productos respondan de una manera particular y cumplan con las demandas estratégicas especiales para su desarrollo.

Las corporaciones Japonesas son el mejor ejemplo para comprender el mercado de la mecatrónica y las estrategias de competencia en el desarrollo de estos productos. Estas están orientadas a la tecnología mientras que su personal de mercadeo, manufactura, desarrollo y servicio está dirigido y operado por ingenieros.

La cantidad de conocimientos que se aplican en el diseño de productos mecatrónicos es muy grande. Es ahora que el microprocesador realiza las funciones inteligentes que anteriormente eran realizadas por el usuario, y el desarrollo de software de control demanda una visión profunda de la situación del usuario y sus necesidades.

Las circunstancias que influyen en el desarrollo de productos industriales son:

- *Cambio rápido de tecnología provocando una constante corriente de innovaciones en los nuevos productos.*
- *Introducción de nuevos modelos en ciclos muy rápidos, ya que el tiempo de vida de los productos en el mercado es muy corto.*

Interdisciplinariedad en el Diseño.

Para lograr un buen diseño, el diseñador debe ser capaz de sugerir muchas combinaciones alternativas de principios tecnológicos. Por lo tanto un amplio rango de conocimientos de diferentes áreas de tecnología debe estar disponible para cada diseñador o para todo un equipo de diseño.

Hay dos maneras de lograr esta interdisciplinariedad básica para el desarrollo de productos. Una es educar a los diseñadores con un conocimiento general de muchas tecnologías, y la otra es poner juntos a especialistas de tecnología buscando que tengan buena comunicación y cooperación con el equipo de trabajo.

En cuanto a la primera solución existe un conflicto entre lo profundo (especialización) y lo amplio (conocimiento general) de la educación en Ingeniería. Actualmente la mayoría de los cursos de Ingeniería, se enfocan a cubrir un nivel de teoría, pero los ingenieros eficientes requieren de un conocimiento balanceado de cuatro niveles.

Un primer nivel que abarca amplios conocimientos generales de muchos tipos de tecnología de productos. *Un segundo nivel* en el que llega a una profundidad de conocimiento suficiente para el manejo, compra y venta de productos. *El tercer nivel* abarca la teoría y finalmente un *cuarto nivel* mediante el cual obtiene un conocimiento completo de por lo menos un área específica de producción para diseñar y crear nuevos productos.

La estructura de la enseñanza es el mayor problema en crear cursos de mecatrónica en las universidades. La mayoría de las materias se conforman analíticamente dejando atrás la síntesis y actividades del diseño.

Un tercer obstáculo para crear la educación interdisciplinaria es el problema de la disponibilidad del tiempo. En las universidades, la estructura educacional es muy lenta en reaccionar a las necesidades y tendencias de la industria y por otro lado pone mucho énfasis en áreas de investigación que tal vez nunca encontrarán aplicación en la industria. La segunda manera de proveer la interdisciplina necesaria para el desarrollo de la mecatrónica, es promover la cooperación entre especialistas de cada uno de los campos: mecánica, electrónica y software principalmente. Esto además de ser un problema en los nexos necesarios de las interdisciplinas, debe considerar los aspectos de habilidades personales, lenguaje de comunicación, proyectos físicos ambientales y técnicas de documentación.

Para dar solución a esto se ha buscado dar entrenamientos con ejercicios de cooperación en equipos, presentación oral y visual de ideas, cooperación con la industria, realización de reportes escritos.

En conclusión, la base de la interdisciplina necesaria para el ejercicio de la mecatrónica no es sólo cuestión de crear cursos en las universidades. Hay un amplio rango de posibilidades para organizar un equipo de proyectos para que alcancen un grado profundo y amplio de competencia y actitud de cooperación.

II.2 Metodología del Diseño Mecatrónico.

El propósito de esta sección es examinar como el diseño en mecatrónica difiere del diseño mecánico, electrónico y de software en el sentido metodológico. También hablaremos de la metodología del diseño necesaria para la Ingeniería Mecatrónica.

La actividad del diseño es muy compleja, y al dar una solución a una necesidad da como resultado un sistema técnico completo.

El diseño debe considerarse en base a 3 niveles:

1. La manera general en que el diseñador resuelve problemas (especificando, creando ideas, evaluando).
2. La síntesis de sistemas técnicos (funciones, tecnologías, principios de trabajo, forma de componentes).
3. La actividad total del desarrollo de un producto realizado por la compañía (relaciones entre el diseño, manufactura y mercadotecnia).

1. RESOLUCION DE PROBLEMAS.

Es la actividad elemental en cada proyecto de diseño. Los métodos en este nivel pueden ser aplicados a cualquier tipo de problemas. Estos incluyen métodos para problemas específicos, para generar ideas y para evaluar y presentar soluciones. Estos métodos se basan en la manera de pensar del hombre y están diseñados de acuerdo a las capacidades del diseñador evitando bloqueos mentales.

2. SINTESIS DE SISTEMAS TECNICOS

Cubren el desarrollo de Ingeniería de una máquina o sistemas técnicos de funciones abstractas para concretar y detallar formas. Los métodos de este nivel están basados en las características de sistemas tecnológicos y por lo tanto son específicos para ciertas clases de sistemas.

Pertenecen a este nivel el diseño de máquinas, métodos que manejan transformaciones, efectos físicos y variaciones de forma.

3. DESARROLLO DEL PRODUCTO

Incluye toda actividad necesaria de la compañía, para establecer negocios basados en un nuevo producto, incluyendo mercadotecnia, desarrollo y producción. Incluyen análisis de la competencia, planeación y validación del diseño.

En el primer y tercer nivel, los métodos son tecnológicamente independientes por lo que la mecatrónica no muestra ninguna diferencia comparada con el diseño de máquinas. Las dificultades se verán al tratar de aplicar la teoría de diseño de máquinas al diseño mecatrónico en el nivel de síntesis.

Diseño de Máquinas Electrónicas y de Software.

Hay diferencias significativas entre el diseño mecánico, electrónico y de software. No sólo se requieren diferentes habilidades técnicas, sino que la naturaleza del problema de diseño difiere en término de funciones a ser realizadas, tipos de soluciones disponibles y realización de las funciones. Por lo anterior las opciones de diseño de modelos y la existencia de metodología de diseño y ayuda computarizada difieren enormemente.

	MECANICA	ELECTRONICA	SOFTWARE
FUNCIONES	Transformaciones de material, energía e información. Funciones de propósito	Transformaciones de información agregadas a la energía. (señales eléctricas)	Transformaciones de información Funciones lógicas
CONCEPTO DE DISEÑO	Principios de funciones, estructura orgánica. 1-Los problemas parecen ser "nuevos". 2-Muchas soluciones se pueden encontrar	Estructuras de módulos, diseño de circuitos. 1-Soluciones de circuitos estándar disponibles. 2-Elección de componentes estándar	Estructura de programas, algoritmos
REALIZACION DEL CONCEPTO	Diseño del modelo y la forma de los elementos. 1-Muchas tecnologías de producción disponibles. 2-Todos los elementos deben ser especificados (forma, dimensiones, materiales y superficies)	Diseño de empaque electrónico 1-Número limitado de tecnología de circuitos: PCB, película gruesa, IC, etc.	Codificación de programa, ensamble de módulos. 1-No existe una fase de producción real una vez que el programa ha sido codificado
MODELAJE DEL DISEÑO	1-Elementos de manufactura especializada requieren para modelos de hardware. 2-Los modelos son fácilmente entendidos por los no especialistas (dibujos y maquetas)	1-Símbolos de diagrama estandarizados. 2-Acceso sencillo al modelaje funcional, utilizando componentes en existencia. 3-Simulaciones por computadora confiables	Hasta la fase de codificación solo existen modelos gráficos (diagramas) 2-Acceso fácil a modelaje funcional (comidas de prueba en computadora). 3-La función es difícil de explicar a no especialistas
METODOS DE DISEÑO	1-Métodos de diseño disponibles 2-Los métodos no son muy aceptados en la industria	1-Algunos métodos para nuevos diseños de circuitos. 2-Algunos métodos para diseño de empaques	1-Cierto número de métodos están disponibles. 2-Creciente interés de la industria
SOPORTE COMPUTACIONAL	1-Los sistemas de dos y tres dimensiones son aplicables solamente en las fases finales de diseño. 2-El diseño paramétrico está disponible para procedimientos de diseño bien descritos	1-Síntesis de circuitos computarizados para diseños lógicos. 2-Lay-out de PCB e IC con simulación. 3-Compiladores de silicón para lay-out. 4. Simulación de prototipos	Sólo herramientas matemáticas para tempranas etapas de diseño (para especificación). 2-Alto nivel de lenguajes de programación y compiladores. 3-Sistemas gráficos de documentación

Comparación de algunas características metodológicas del diseño eléctrico, mecánico y de software.

Las diferencias más importantes son:

1. Las teorías de diseño manejan el término de función como transformación de materia, energía e información o como relaciones lógicas entre operaciones dadas. En electrónica los diseñadores manejan transformación de señales que equivale a transformación de información con aspectos de energía generalmente ignoradas.

En el software se da la manipulación de datos con la relación lógica entre transformaciones específicas.

2. Las condiciones de modelaje en diseño son diferentes tanto en el caso de hacer modelos funcionales como en las herramientas disponibles de los diseñadores para ilustrar sus ideas.

El diseño de modelos que describen funciones está conformado con diferentes niveles de abstracción. *Los modelos mecánicos son concretos, mientras que los modelos de circuitos electrónicos y programas de computación son más abstractos* y de la misma manera más problemáticos para entablar una comunicación clara entre un grupo de diseñadores de mecatrónica. Un diagrama de un circuito electrónico difícilmente puede mostrar estados funcionales del dispositivo, mientras que un programa de diagramas de flujo describe estados funcionales y condiciones de progreso desde un estado a otro.

El primer punto significa que es difícil llegar a un total entendimiento abstracto de un sistema mecatrónico para describir una estructura funcional. El segundo punto significa que sugerir un nuevo concepto de diseño ideado en mecatrónica es complejo, ya que el diseñador no puede describir un concepto total en un solo lenguaje, sino que necesita utilizar un lenguaje diferente para cada una de las partes que conforman el sistema (mecánica, electrónica y software).

La Necesidad de una Nueva Metodología.

A nivel de síntesis es necesario utilizar una nueva metodología que combine los diferentes aspectos de diseño. Estos podrían ser simplificados como la descripción funcional, la asignación de tecnología y el diseño conceptual.

Las teorías que han sido desarrolladas para el diseño de máquinas y diseño en software no han llegado a su completo desarrollo al encontrar restricciones para su definición. Algunos de los obstáculos son:

- *La metodología del diseño de máquinas no tiene significado en la descripción abstracta de relaciones lógicas entre funciones (dónde, en qué secuencia y bajo qué condiciones se debe realizar la función) desde que estas relaciones están construidas de manera compleja dentro de la estructura física de la máquina.*
- *La metodología del diseño electrónico se basa en el análisis de estructuras bidimensionales y no en formular ideas alternativas del concepto.*
- *La metodología de diseño en software no es capaz de relacionar la diferencia entre la descripción de funciones abstractas y efectos físicos y relaciones especiales desde que estos efectos y relaciones no existen en el dominio del software.*

II.3 Teoría del Diseño Mecatrónico.

Los aspectos de ingeniería de diseño de la mecatrónica cubren muchas áreas incluyendo las siguientes:

- *La definición de especificaciones iniciales.*
- *La definición completa de las entradas y salidas del sistema en términos de sus funciones y desempeño requerido.*
- *La definición de las funciones, tipo y capacidad del actuador para asegurar su adecuado desempeño según especificaciones.*
- *La generación de algoritmos de operación y control.*
- *El desarrollo de hardware de propósitos especiales incluyendo circuitos integrados de aplicación específica.*
- *Procesos involucrados en la manufactura del producto.*
- *Diseño mecánico y electrónico detallado.*

Elementos Constitutivos de la Metodología del Diseño.

1. Método de diseño.- describe un proceso de transformación en el cual la información acerca del proyecto es transformada en información acerca de una o más soluciones.

En general los métodos de diseño sólo pueden recomendar formas de pensar y proponer una secuencia de operaciones a seguir por el diseñador.

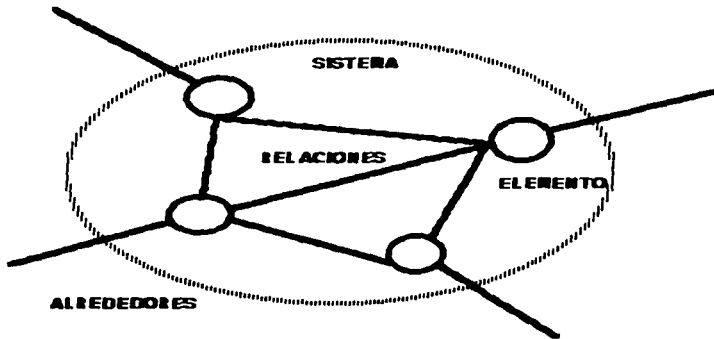
2. Diseño del modelo.- es un artefacto o prototipo que reproduce un sustituto con las propiedades de un objeto representativo del producto final a ser diseñado.

3. Principio de diseño.- es una regla general para el diseño y son recomendaciones a seguir por el diseñador.

4. Procedimiento de diseño.- secuencia de actividades recomendadas para ser realizadas durante una o más fases del desarrollo del producto.

Conceptos utilizados en el diseño.

Un sistema puede ser definido como aquellos elementos, relaciones y entorno cuya interacción está determinada por las propiedades de función y estructura como se ilustra a continuación.



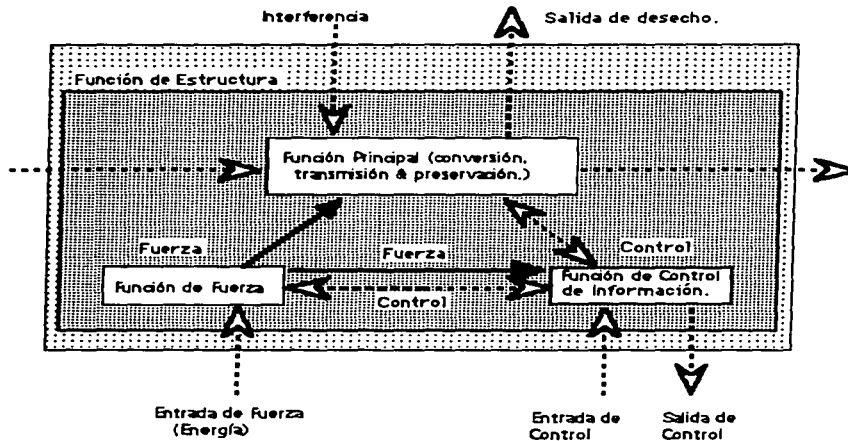
Términos básicos en la teoría de los sistemas.

Fig. 11

El término de función se entiende como la transformación de entrada-salida o acción característica por medio de la cual los instrumentos cumplen su propósito. Las variables de entrada pueden ser materia, energía e información.

La función total de un sistema mecatrónico puede ser dividida en subfunciones. Algunas como las funciones lógicas, son las requeridas para crear relaciones de tipo causa y efecto entre acciones en un sistema. Para la comprensión de estructuras funcionales en un sistema, además de la función primaria deben existir un número de funciones auxiliares para darle soporte a la función primordial. Estas funciones de apoyo son:

1. *Función de comunicación, para el intercambio de información entre el sistema y el usuario de otros sistemas.*
2. *Función de protección, para proteger la función principal de entradas y salidas indeseables.*
3. *Función de control para controlar la función principal y para ajustar la interfase entre ésta y la función de comunicación.*



Estructura funcional de los sistemas mecatrónicos incluyendo una estructura de función. (Kajitani)

Fig. 12

Al querer realizar un diseño de un sistema mecatrónico para reemplazar un sistema tradicional mecánico de engrane-reductor tenemos lo que nos muestra la Fig. 13

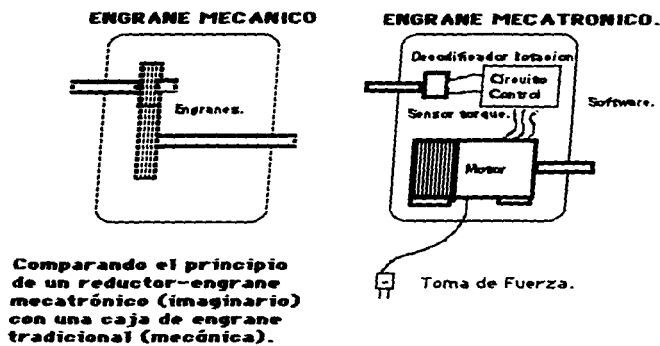


Fig. 13

Las funciones de control de un sistema mecatrónico pueden ser ejecutadas en áreas mecánica, electrónica o software y pueden ser programables o no, pero naturalmente diferentes propiedades pueden ser alcanzadas por diferentes tecnologías en términos de complejidad, diseño, esfuerzo, costo, flexibilidad, etc. Pero aún así, el operador de los sistemas mecatrónicos es requerido para operar las funciones de control del sistema y así cumplir con su propósito de diseño.

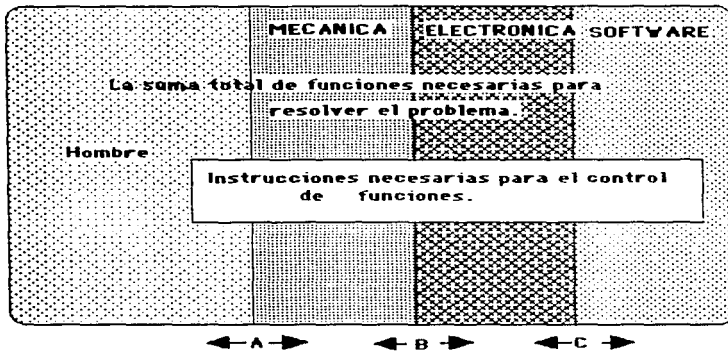


Fig. 14 El problema de la asignación de recursos en sistemas Mecatrónicos. Interfase hombre-máquina (A), mecánica-electrónica (B), y electrónica-software (C).

Fig. 14

Un ejemplo de funciones de control entre el operador y un sistema, serían las máquinas CNC, máquinas de acerrado electrónicas, cámaras autoafocables, en donde el sistema toma parte de las tareas del control previamente decididas por el operador. La secuencia y la lógica de las operaciones tal como son descritas en un manual de operaciones de cierto aparato, deben ser consideradas como software de operación desde el punto de vista del diseño.

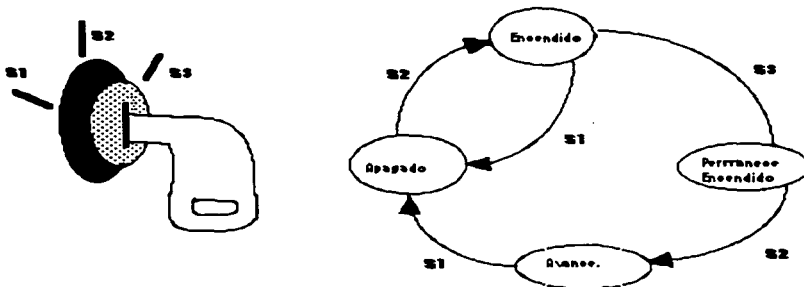
Estados y Transiciones.

La función de un sistema mecatrónico no solamente depende de la combinación de variables de entrada, sino también de las actividades previas del sistema llamándose éstas como las condiciones iniciales del sistema. El sistema mecatrónico puede ser retomado como un estado finito de la máquina, y éste puede ser descrito en términos de estados y transiciones en las diferentes fases del proceso. Por lo anterior se sugiere la aplicación de un diagrama de estado de transición y una matriz de transición de estados para modelado de sistema de funciones. La transición de un estado a otro ocurre sólo si se cumplen ciertas condiciones ya que los estados del sistema están relacionados de manera causal.

Existe un conflicto entre transformaciones y transiciones de estados al existir dos formas de modelar la función de un sistema mecatrónico:
 + Las transformaciones de acercamiento en donde la función se describe como un flujo continuo de materia, energía e información, y la lógica de acercamiento donde el sistema cambia el modo de funcionar de un estado a otro.

+ Cuando describimos una estructura completa de funciones de transformación, los diferentes estados del sistema no pueden expresarse explícitamente, y cuando se modela el comportamiento de transición de estado, el flujo de información no es claro y se requiere de cierto nivel de información para el cambio de estado.

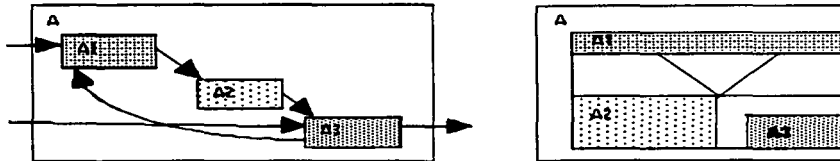
Este conflicto es un obstáculo importante para el diseño mecatrónico, desde que los ingenieros mecánicos y electrónicos tiene la tradición de un pensamiento funcional orientado, preocupándose por la secuencia de operación y relaciones causales.



Función de una llave de ignición de automóvil descrita con un diagrama de estado de transición.

Fig. 15

Para dar una descripción más completa se recomienda que una función del sistema se añada al diagrama de transformación o que el diagrama se complemente por una gráfica de modelo de flujo de la estructura lógica como se ilustra a continuación en la Fig. 16



Expansión de una descripción funcional mediante un diagrama de cajas negras y un estructograma.

Fig. 16.

Información en Sistemas Mecatrónicos.

En los sistemas mecatrónicos deben distinguirse dos categorías de equipo -por lo tanto dos tipos de información- de acuerdo a su información disponible.

1. *Equipo cuyo único propósito sea la transformación de información.*
2. *Equipo que aplica principalmente información para el control de energía o procesos de transformación de materiales.*

La información a ser procesada por la función principal del sistema deriva del operador, de otros sistemas técnicos y del medio ambiente. La información de salida es dirigida a los mismos tres recipientes. Esta categorización es útil para estudiar el tipo de componente que se encargará de la interfase entre el sistema y sus alrededores como lo serían los sensores y actuadores.

El análisis del tipo y cantidad de información entrando y saliendo del sistema a través de componentes de interfase es extremadamente importante en el diseño mecatrónico.

Elección de Tecnología y Principios.

Se definió la tecnología más apropiada entre un gran número de alternativas, desde que muchas funciones pueden ser realizadas utilizando tecnologías ya sean mecánicas, electrónicas y de software, para cada función en la elección del principio de trabajo adecuado en un sólo campo tecnológico.

La tecnología en el diseño mecatrónico tiene dos aspectos importantes:

1. *La elección general de una apropiada tecnología para cada función del sistema.*
2. *La elección de los adecuados principios de trabajo (órganos) para ejecutar cada función.*

Cuando asumimos que las funciones de trabajo y las funciones de control pueden ser ejecutadas en cualquiera de las tres tecnologías (mecánica, electrónica y software), y que el operador del sistema realiza ambas funciones de trabajo y control, podemos dibujar un modelo del problema de tecnología de locación en mecatrónica.

La tecnología aplicada dentro de un sistema y el posicionamiento hombre/máquina es una actividad compleja, la cual depende del área de aplicación en particular y del estado lógico de la tecnología.

La interfase "hombre/máquina" transporta información en ambas direcciones, pero la entrada de energía es también requerida para algunos sistemas de aplicación específica. Sabemos que la información puede ser categorizada en procesos e información de control y que debe estar ligada a la energía o a la materia. Otro punto de inicio para sistematizar la interfase de órganos es la capacidad del hombre para percibir la información como expresión de sus cinco sentidos y transportar el control de la información externa por medio de sus manos, voz, etc.

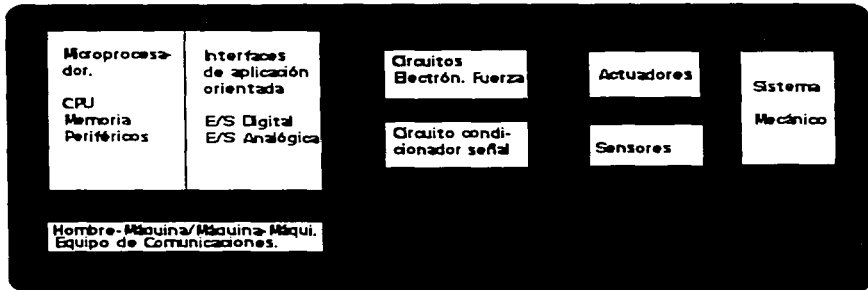
- La interfase ambiental entre el sistema y su ambiente es más difícil de caracterizar ya que la materia, la energía y la información pueden ser intercambiados.
- La interfase entre dos sistemas mecatrónicos es suministrada ya sea, por un sistema eléctrico como la energía o señales con conexiones apropiadas de órganos, o por sistemas mecánicos como materia, energía o información, en el sentido de acoplar órganos tipo. Para la interfase de señales electrónicas es necesario el uso de protocolos o sets de caracteres comunes.
- La interfase electrónica/mecánica internamente en el sistema se provee por sólo dos tipos de órganos de interfase. Sensores para acceso de información y actuadores para controlar la fuerza del proceso mecánico.
- La interfase de hardware/software transporta información solamente.
- La interfase analógica/digital es de un tipo especial de interfase referenciada necesariamente por el principio de trabajo de una computadora digital y el hecho de que la mayoría de las propiedades físicas son análogas por naturaleza.

El resultado del posicionamiento es la estructura orgánica utilizando los principios de mecánica, electrónica y de software que ejecutan funciones del sistema y una descripción del comportamiento esperado de los órganos y del operador.

En diseño mecatrónico, debemos esperar significados puramente mecánicos o puramente electrónicos y principios mezclados en el mismo nivel de alternativas.

Podemos ver un sistema mecatrónico como una estructura orgánica en la que sus órganos son entidades principales escogidas para completar cada subfunción y relaciones necesarias para establecer la función total del sistema. Estos presentan fenómenos físicos que crean un efecto particular en la aplicación requerida.

Un órgano puede ser entendido como una categoría de una entidad física, la cual exhibe principios similares de trabajo para realizar una función requerida. Ejemplos de órganos son: un motor, un mecanismo, una batería, un display o un potenciómetro. Un microprocesador es en sí mismo un órgano si se le suministra un programa de software.



Estructura general orgánica de un sistema mecatrónico.

Fig. 17



Estructura general orgánica incluyendo los elementos de Software y Hardware.

Fig. 18

Un sistema mecatrónico se conforma de cinco tipos de órganos: sensores, computadoras, actuadores, fuentes de energía y mecanismos.

Demos un vistazo más de cerca a los órganos mecatrónicos:

Sensores.- dispositivo que transforma una propiedad no eléctrica a una señal de salida eléctrica procesable. Las propiedades de transformación de señales de un sensor dependen fuertemente del diseño mecánico, y esto hace que el proceso de diseño sea complejo. La cubierta mecánica del sensor, además de contribuir a la función primordial, tiene una función de protección y una función de ventana. El desarrollo de sensores busca incrementar la integración de señales electrónicas condicionadas y circuitos de procesamiento de señales.

Actuadores.- es un dispositivo que transforma una señal eléctrica en una no eléctrica con propiedades físicas. Los actuadores mecatrónicos están limitados a dispositivos eléctricamente alimentados, no pueden ser alimentados mediante la hidráulica o neumática.

El diseño de actuadores es similar al de los sensores, pero su realización física es crítica para alcanzar las propiedades funcionales. La meta principal es incrementar su poder y eficiencias minimizando tamaño y peso al mismo tiempo. También se puede notar un desarrollo hacia electrónica integrada y microprocesadores de control en el cuerpo del actuador.

Computadoras.- las microcomputadoras nos proveen de un rápido y preciso control en software dependiente de las acciones del sistema. También nos permite procesamiento de señales complejas para reconocimiento de patrones.

Un gran problema en la aplicación de microprocesadores es que las computadoras convencionales trabajan secuencialmente, mientras que en el mundo real los eventos aparecen en paralelo. Esto ha llevado a un desarrollo de procesadores con características semi-paralelas (funciones interruptivas) y computadoras con secuencias interactivas de trabajo en paralelo.

Mecanismos.- este término denota todo tipo de transformadores mecánicos de energía y señales como engranes, niveladores, mecanismos de enlace, etc. Los sensores y actuadores en sistemas mecatrónicos poco a poco serán capaces de manejar propiedades físicas de la misma forma en que transformadores mecánico-mecánico son requeridos.

El concepto de interfases es importante en la mecatrónica, porque los órganos basados en diferentes principios tecnológicos están acoplados conjuntamente para realizar la función total del sistema.

Los diseñadores deben considerar la calidad de entrada-salida para cada elemento y pensar en la interacción de las funciones para convertir las salidas de un elemento en la entrada del siguiente.

Concluimos que el concepto de diseño de un sistema mecatrónico es una solución principal caracterizada por:

1. *La estructura de aquellos órganos que realizan las funciones más importantes.*
2. *La estructura de los órganos de interfase que definen los límites del sistema y las fronteras entre los subsistemas mecánico, electrónico y de software.*
3. *La estructura de actividad describiendo el comportamiento esperado del operador y el software para los órganos programables.*

Procedimientos de Diseño.

El proceso de diseño se puede dividir en cinco fases enunciadas de la siguiente manera: Definición del problema, diseño conceptual, diseño de configuración, diseño detallado y pruebas del sistema.

Para finalizar el concepto de diseño se deberán de seguir los siguientes pasos:

1.- Estructura funcional.

- a) *Descripción del procedimiento de operación a nivel del usuario.*
- b) *Descripción de la función del sistema a nivel de proceso.*
- c) *Descripción del control de interfases.*

2.- Selección de los sistemas para control central (analógicos, digital, microprocesadores).

3.- Establecimiento de las sub-tareas y balance de los sub-conceptos para el sistema mecatrónico, incluyendo el diseño industrial del software y del circuito eléctrico.

Tan pronto como el concepto ha sido establecido, el procedimiento recomienda dividir en las actividades tradicionales de diseño electro-mecánico, eléctrico y de software para finalmente proceder a describir pasos y fases detalladas del diseño.

El punto de interés es la distinción entre una descripción funcional y la de comportamiento del concepto mecatrónico.

Como proposición inicial en el concepto de diseño, las tareas deben separarse en tres grupos: selección de material, energía y sub-sistemas de información en lo que tradicionalmente sería grupos de diseño mecánicos, eléctricos y de software. De esta manera se enfocan en el propósito del sistema y no en la realización tecnológica. Existen tendencias para el diseño de sistemas (Yamazaki) de control en máquinas herramientas diseñados por microcomputadoras. Estas incluyen el flujo detallado del trabajo gráfico en secuencia para la especificación del diseño, desarrollo de hardware y software. Se han llegado a mencionar seis tipos de especificaciones de diseño en las que se advierte el uso de documentos de trabajo estandarizado con el objetivo de mejorar la comunicación entre miembros del equipo y minimizar la repetición de trabajo y errores intrínsecos.

De mayor interés para el concepto de diseño mecatrónico son los procedimientos para establecer las interfases hombre-máquina. Bossman presenta un procedimiento basado en su concepto de "actividad estructurada" del sistema mecatrónico, en el que describe como la definición de actividades entre operador y máquina determinan la arquitectura sensorial y funcional del diseño. También para este tipo de diseño se recomiendan los siguientes pasos:

- 1.- *Estimación del flujo de información en ambas direcciones.*
- 2.- *Selección de elementos de control y pantallas.*
- 3.- *Descripción breve de los pasos principales de la operación y alternativas a elegir.*
- 4.- *Modelaje de diagramas básicos.*
- 5.- *Construcción de la matriz de estado-transición.*
- 6.- *Descripción del diálogo operacional en detalle.*

De esta manera se reconocerá la diferencia entre la arquitectura de sensores (elementos de control y pantallas) y la arquitectura funcional (procedimientos operacionales).

Metodología para el Diseño Mecánico, Electrónico y de Software.

La metodología de *diseño de máquinas* se inició con dos metas principales, una funcional y otra de procedimiento, con la motivación de obtener mejores soluciones de entre muchas alternativas y el que un logro metodológico incrementara la eficiencia y control del proceso de diseño vía la sistematización.

Esta metodología no ha sido bien aceptada en la industria a pesar de la necesidad de incrementar la velocidad del desarrollo y la calidad de los productos de consumo. Es por ésto que el alcance funcional es de vital importancia ya que la actividad de síntesis debe basarse en el

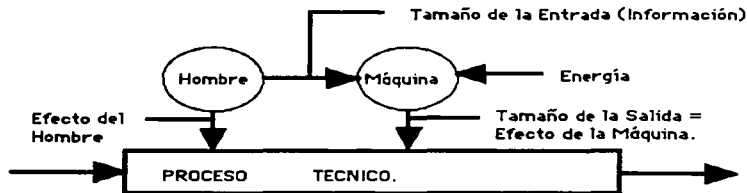
conocimiento del sistema técnico a ser diseñado, en donde los aspectos de procedimiento pueden ser explicados junto con la solución del problema y los niveles de desarrollo del producto.

El diseño electrónico es dominado por las teorías de análisis de circuitos y diseño lógico aunque su metodología en el sentido conceptual es compleja. El campo de la electrónica parece concentrarse en encontrar y optimizar la única solución que cumple con todas las especificaciones en lugar de buscar algunas alternativas para ser evaluadas sistemáticamente. El alcance de los sistemas en ingeniería para descomponer tareas complejas en sub-sistemas con especificaciones separadas y consideraciones de interfase es bien aceptado en la industria eléctrica.

El diseño de software se ha convertido en una disciplina científica con esfuerzos de investigación concentrados en herramientas específicas y procedimientos. La necesidad de métodos de diseño estructurado está bien organizado en la industria de vanguardia.

Diseño de Máquinas.

La tecnología debe de entenderse como un tipo de secuencia de sub-procesos y la interacción en el espacio-tiempo del objeto en proceso y sus efectos creando transformaciones. Esto significa que el diseñador tiene que decidir sobre una tecnología general, antes de poder transformar la estructura del proceso en una estructura de funciones dirigidas. El concepto de funciones dirigidas explica una fase entre la descripción de transformaciones y la actual realización de funciones a través de principios físicos en la máquina. Este término también se acerca al entendimiento práctico del diseñador de las funciones de la máquina.



El proceso técnico y los efectos necesarios realizados por un sistema de maquinaria y el operador.

Fig. 19

Diseño Electrónico.

El propósito de un sistema electrónico es la transformación en forma de señales eléctricas (voltaje y corriente). La señal eléctrica es caracterizada por el parámetro de información (amplitud, frecuencia y fase) y por la forma de señal ya sea analógica o digital. El sistema electrónico puede observarse como una estructura funcional de transformación de información o como una estructura de proceso de señales. El diseño electrónico puede dividirse en tres actividades comparativas de diseño independiente que serían: diseño de componentes, diseño de circuitos y diseño de empaque electrónico.

Analogías entre Sistemas Electro-mecánicos

El conjunto de teorías bien desarrollado para el comportamiento de circuito electrónicos puede aplicarse en el análisis de sistemas mecánicos estableciendo analogías dinámicas. Esto se basa en el hecho de que los sistemas mecánicos pueden considerarse como una red de trabajo de componentes, los cuales en un sentido dinámico, tienen funciones análogas a los capacitores, resistencias e inductores de un circuito eléctrico.

Una red de trabajo análoga es un modelo establecido como un sistema físico diferente del que se va a examinar y es una herramienta analítica que nos permite establecer lo siguiente:

- 1.- Modelo matemático para el cálculo de funciones dinámicas de un sistema.*
- 2.- Modelo funcional utilizando modelos electrónicos estándares para funciones de medición y respuesta del sistema.*
- 3.- Un modelo computarizado para simulación de funciones dinámicas del sistema.*

El diseño funcional y la realización física pueden determinarse en forma más independiente que en el caso del diseño de máquinas.

Diseño de Software.

Un programa de computación es una serie de secuencias codificadas para la unidad de procesos de una computadora que especifica el cómo realizar transformación de información.

El término de software no es simplemente un conjunto de programas de computadora, sino que éste debe incluir la documentación requerida para la definición y desarrollo de programas. El software es información estructurada con ciertas propiedades lógicas y funcionales, creada y mantenida en varias formas y representaciones durante el ciclo de vida. Estas propiedades determinan el estado de la máquina en su desarrollo completo.

II.4 El Diseño Mecatrónico.

Mecatrónica y la Ingeniería de Diseño.

Los aspectos de Ingeniería de diseño de la mecatrónica cubren muchas áreas, incluyendo las siguientes:

- La producción de especificaciones iniciales.
- La definición completa de las entradas y salidas del sistema en término de sus funciones y su desempeño.
- La definición del tipo y funciones del actuador para asegurar su capacidad respecto de la carga de trabajo
- La generación de algoritmos de operación y control.
- El desarrollo de hardware de propósitos especiales y la implementación de los circuitos integrados de aplicación específica (ASIC's).
- La producción de procesos para ser usados en el caso del producto.
- Diseño mecánico y diseño electrónico detallados.

II.4.1 Funciones de un sistema Mecatrónico.

En este subcapítulo hablaremos acerca de la aplicación del concepto de la función de propósito en mecatrónica, el rol del estado de transición en un área funcional y de la estructura del procesamiento de información en un sistema mecatrónico.

Funciones de Transformación y Propósito.

Al tratar de definir estas funciones para un sistema mecatrónico se debe analizar si la máquina en sí misma está transformando el objeto del proceso involucrado o si solamente está proveyendo los efectos necesarios para facilitar la transformación principal, lo cual es realizado externamente a la máquina. El concepto de las funciones de propósito se derivó de la observación de máquinas que transformaban material (convertidoras), ya que de ahí la distinción entre los dos conceptos de función se hace evidente. Los efectos creados por la máquina pueden ser descritos casi independientemente de la transformación que está tomando lugar. Todas las funciones de propósito son necesarias para completar la transformación requerida.

Para máquinas de transformación de energía, la discusión entre las funciones de transformación y propósito no es tan evidente. Un engrane mecánico, transforma la energía rotatoria de una velocidad o revolución a otras. Los procesos de transformación de energía son centrales para cualquier sistema mecatrónico, ya que la información está ligada a la energía. Los circuitos electrónicos realizan transformación de señales eléctricas solamente. La interpretación de las funciones de propósito en sistemas de transformación de energía debe ser examinada con mucho más detalle. Para esto nos preguntaremos que funciones, sistemas existentes y componentes se logran expresados en términos de transformaciones y efectos. De esta manera puede ser posible generalizar descubrimientos que son aplicables también para la síntesis de sistemas no existentes.

La siguiente tabla nos muestra ejemplos de los componentes y sus funciones asociadas.

<i>Componente</i>	<i>Transformación</i>	<i>Propósito</i>
Motor	Energía eléctrica es transformada en rotación	crear rotación
Engrane	Energía rotatoria cambia revoluciones/torque	asegura velocidades o revoluciones.
Amplificador Electrónico	La señal es amplificada	asegura suficiente amplitud.
Batería	La energía es almacenada	provee potencia.
Diodo	La señal AC es rectificad.	rechaza señales de polarizac. negativa.

Es evidente que de la lista anterior un mismo componente puede servir para diferentes funciones de propósito dependiendo del sistema del cual forma parte.

Al observar la función de propósito y la de transformación de componentes individuales, se formulan funciones en diferentes niveles. El propósito se refiere al efecto, que el componente provee a un sistema en un nivel más alto, pero la transformación se refiere al objeto (material, energía), el cual es procesado por el componente en sí mismo. Por ejemplo, el propósito de un motor es crear rotación para facilitar la transformación de un objeto en un sistema en donde el motor es un componente.

Si nos preguntamos ¿Cómo crea el motor rotación?, la respuesta será: transformando la energía eléctrica en energía rotatoria. Este proceso de transformación es sólo una de las alternativas para

crear rotación; otra sería realizando la transformación de energía potencial en energía rotatoria

Existe una relación jerárquica causal entre las funciones de propósito y la de transformación. Al preguntar por los efectos necesarios para una transformación, obtenemos funciones de propósito. Al preguntar cómo los efectos pueden realizarse, obtenemos funciones de transformación en un nivel secundario.

Estados de Transición y Funciones de Transformación, Propósito. (Apéndice 2)

La Estructura de los Procesos de Información.

El concepto de información en mecatrónica necesita un tratamiento especial. En las ciencias, la medición constituye el único vínculo entre la realidad y la teoría. Como los datos son hechos, éstos deben originarse con la medición.

La información es la medida de la incertidumbre de la ocurrencia de un evento (teoría de la probabilidad) o la información es una selección de caracteres transferidos de un transmisor a un receptor (teoría de la información).

El significado adoptado para nuestro estudio es más bien cibernético.

La información es una categoría independiente de la transformación de objetos entre la energía y los materiales. El control de la teoría de la interpretación, la cual distingue entre información numérica (medida o valores de referencia) y la información de control (instrucciones para acciones específicas). La teoría del control se opone a la teoría de la información, en lo concerniente a la semántica, y el significado de la información involucrada.

Un sistema mecatrónico maneja básicamente dos tipos de información.

1.-Información de Proceso, la cual es transformada por un sistema sin importar su semántica o su valor.

2.-La información de Control, la cual es aplicada por el sistema para controlar su función.

Algunas veces es comparativamente fácil distinguir entre información de procesos e información de control, pero cuando se observa un sistema a un diferente nivel jerárquico, surgen confusiones no tan fáciles de clarificar.

Un lazo de retroalimentación electrónico en un robot, claramente acarrea información de control, ya que el propósito del arreglo es controlar los movimientos del sistema. Al observar el sensor de retroalimentación y la señal condicionando circuitos localmente, el tipo de información tratada tiene un carácter de proceso. Mientras el sensor y el preamplificador estén relacionados, el valor semántico de la información procesada no tiene influencia en sus funciones.

Los procesos y el control de la información en un sistema mecatrónico aparecen alternadamente en una estructura jerárquica: La información de control necesita funciones de proceso que son gobernadas por el control de la información del siguiente nivel inferior como veremos a continuación en la Fig. 20.

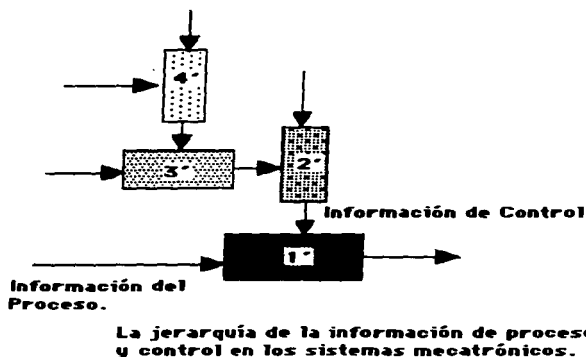


Fig. 20

Causalidad Vertical en Mecatrónica y funciones secundarias. (Apéndice 3)

Realizando Funciones de Control.

Al querer realizar un diseño de un sistema mecatrónico para reemplazar un sistema tradicional mecánico de engrane-reductor. Referirse a la Fig. 13. Los engranes son reemplazados por un sensor y un motor eléctrico conectado mediante un control electrónico. Los movimientos de las flechas de entrada y salida son completamente independientes excepto por el control del sistema. Las propiedades de transmisión de la energía de los engranes mecánicos se pierden en este diseño, a manera de qué fuerza externa es requerida. Para lograr una cierta velocidad y torque y una conversión similar a la mecánica, necesitaríamos un software para controlar el motor de acuerdo a las señales del decodificador rotatorio y el sensor de torque. Este software representa la relación lógica que en un engrane mecánico ha sido diseñado en una estructura por su diseñador. En un sistema mecatrónico, la función de control que ejecuta estas relaciones lógicas puede ser totalmente separada de la geometría de las partes mecánicas y completar un nuevo diseño aparte. Es importante hacer notar que las relaciones lógicas no aparecen de repente ya que introducimos una computadora al sistema. Aún en un sistema puramente mecánico, encontraremos una especie de software mecánico.

La función de control puede ejecutarse en mecánica, en lógica electrónica o en programas de procesador. La diferencia principal radica en la facilidad de establecer o diseñar relaciones lógicas complejas y la flexibilidad en el cambio del diseño.

El engrane mecatrónico será programable en el sentido de que los radios de conversión de la velocidad y el torque, la dirección de rotación, etc. pueden ser alterados independientemente

al modificar tan solo el programa del procesador. La programabilidad no es una propiedad que dependa de la presencia de un computador. Los dispositivos lógicos programables (PLD's) no tienen un computador, pero su estructura lógica de compuertas puede ser programada por el diseñador después de su compra.

La programabilidad podría ser definida como sigue:

Un sistema mecatrónico es **programable** si las instrucciones lógicas para la ejecución de funciones existen en un medio separado que puede ser alterado sin re-maquinar (re-manufacturar) las partes de su estructura.

En conclusión, las funciones de control de un sistema mecatrónico pueden ser ejecutadas en mecánica, electrónica o software y pueden ser programables o no, pero naturalmente diferentes propiedades pueden ser alcanzadas por diferentes tecnologías en términos de complejidad, diseño, esfuerzo, costo, flexibilidad, etc. Pero aún el operador de los sistemas mecatrónicos es requerido para operar las funciones de control para el sistema para cumplir su propósito. Un ejemplo de esto para funciones de control entre el operador y un sistema, serían las máquinas CNC, máquinas de acerrado electrónicas, cámaras auto afocables, en donde el sistema toma parte de las tareas del control previamente decididas por el operador.

La secuencia y la lógica de las operaciones tal como son descritas en un manual de operaciones de cierto aparato, deben ser consideradas como software de operación desde el punto de vista del diseño.

La Elección de Tecnología y Principios.

La tecnología en el diseño mecatrónico tiene dos aspectos importantes:

- 1.-La elección general de una apropiada tecnología para cada función del sistema.*
- 2.-La elección de los adecuados principios de trabajo (órganos) para ejecutar cada función.*

Para algunos diseños la síntesis de los principios puede ser hecha directamente lo cual significa que la primer elección resulta obsoleta. Para otros, una lección inicial de tecnología es justificada.

Cuando asumimos que las funciones de trabajo y las funciones de control pueden ser ejecutadas en cualquiera de las tres tecnologías (mecánica, electrónica y software), y que el operador del sistema realiza ambas funciones de trabajo y control, entonces podemos dibujar un modelo del problema de posicionamiento de tecnología en mecatrónica. Referirse a la Fig. 14

El posicionamiento de la tecnología dentro de un sistema y el posicionamiento hombre-máquina, es una actividad compleja la cual depende del área de aplicación en particular y del estado del arte de la tecnología .

La interfase hombre-máquina transporta información en ambas direcciones, pero la entrada de energía será también requerida para algunos sistemas. Sabemos que la información puede ser categorizada en procesos e información de control y que debe estar ligada a la energía o al material. Esto no puede suministrar la base para categorizar los tipos de órganos que constituyen la interfase hombre-máquina.

Otro punto de inicio para sistematizar la interfase de órganos es la capacidad del hombre para percibir la información como expresión de sus cinco sentidos y transportar el control de la información por medio de sus manos, voz, etc.

La interfase ambiental entre el sistema y su ambiente es más difícil de caracterizar ya que ambos, el material, la energía y la información pueden ser intercambiados.

- La interfase de sistemas entre dos sistemas mecatrónicos es suministrada ya sea por un sistema eléctrico como la energía o señales con conexiones apropiadas de órganos o por sistema mecánico como material, energía o información en el sentido de acoplar órganos tipo. Para la interfase de señales electrónicas es necesario el uso de protocolos o sets de caracteres comunes.
- La interfase electro-mecánica internamente en el sistema se provee por sólo dos tipos de órganos de interfase. Sensores para acceso de información y actuadores para controlar la fuerza el proceso mecánico.
- La interfase de hardware electrónico-software transporta información solamente. Es importante hacer notar que el programa del computador está totalmente instalado en hardware. La interfase analógica-digital es de un tipo especial de interfase referenciada necesariamente por el principio de trabajo de una computadora digital y el hecho de que la mayoría de las propiedades físicas son análogas por naturaleza.

Uno puede sospechar que ésto sería una interfase electrónica-electrónica interna , pero éste no es el caso. Encontraremos ejemplos de diseños en donde la conversión analógica-digital es ejecutada mecánicamente, por ejemplo en sensores de presión y hasta en micrófonos, que debido a su membrana de diseño nos entregan una señal digital directamente.

El resultado del posicionamiento es la estructura orgánica utilizando los principios de mecánica, electrónica y software que ejecutan funciones del sistema y una descripción del comportamiento esperado de los órganos (software) y del operador.

Ahora es conveniente aplicar el término del concepto del diseño a una solución principal.

El concepto de diseño de un sistema mecatrónico es una solución principal caracterizada por:

- 1.-*La estructura de aquellos órganos que realizan las funciones más importantes.*
- 2.-*La estructura de los órganos de interfase que definen los límites del sistema y las fronteras entre los subsistemas mecánico, electrónico y software.*
- 3.-*La estructura de actividad describiendo el comportamiento esperado del operador y el software para los órganos programables.*

En la estructura orgánica, la relación entre los órganos es del tipo espacial y funcional. Aún así podemos establecer dos tipos de estructuras orgánicas que se enfocan en propiedades funcionales o espaciales respectivamente.

El concepto de diseño no debe ser confundido con el concepto del producto el cual es utilizado en las fases tempranas de un proyecto de desarrollo de productos. Además la idea técnica del producto y el concepto del producto, deben asumir las necesidades del mercado, los canales de venta, los métodos de producción, finanzas, etc.

CAPÍTULO III

ÁREAS DE DESARROLLO Y APLICACIÓN

CAPÍTULO TERCERO ÁREAS DE DESARROLLO Y APLICACIÓN

III.1 Robótica y Automatización.

Desde que comenzó la aceptación y utilización de la tecnología de la robótica en la industria, ésta ha adquirido varias ventajas, de las que vale la pena mencionar son la reducción en los costos de trabajo, el incremento en el rendimiento, la eliminación de trabajos tediosos y peligrosos, el mejoramiento en la calidad del producto y una mayor flexibilidad de la manufactura, entre otras.

En cuanto a la utilización de los robots en la industria podemos definir a éstos como: un manipulador multifuncional equipado con un dispositivo de memoria y una terminal, diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos programados variables, para la realización de diversas tareas que reemplazan el trabajo humano.

Gracias al enorme avance que ha tenido esta tecnología podemos encontrar dentro de la industria varios tipos de robots que van desde un simple manipulador manual que trabaja por medio de comandos dados por un operador, hasta robots inteligentes con sensores de percepción visual y táctil que pueden detectar cambios en el medio de trabajo y tomar decisiones acordes al procedimiento en desarrollo.

Evolución de los Robots Inteligentes.

El campo de la robótica industrial comenzó en 1951 y las primeras instalaciones fueron realizadas en la industria automotriz. Esta tendencia continúa en aumento hasta los últimos años donde una gran cantidad de industrias sin importar su campo de desarrollo están aplicando esta tecnología.

Las primeras funciones desarrolladas por la robótica industrial fueron de transporte de materiales, soldadura de arco, aplicación de pintura en spray y operación de herramientas. Actualmente y debido a la necesidad de considerar aplicaciones con mayor precisión, complejidad de control y capacidades sensoras, los robots industriales desarrollan funciones con capacidad de visión y sensores táctiles, sistemas de ensamblado integrado por computadora y de inteligencia artificial, además de trabajar bajo un control inteligente y contar con la capacidad de movimiento.

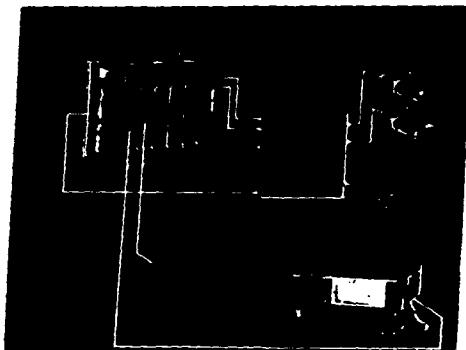


Fig. 21 Sistema AR4000 Cutler Hammer de Inspección Automatizada.

La figura anterior presenta los elementos principales de un sistema modular de visión formado por un controlador que recibe información del sub-sistema óptico que tiene conectadas cámaras y estrobos junto con sensores. El subsistema controlador manda la información al monitor para visualizar cualquier objeto a manera de inspeccionar o registrar áreas definidas.

Campo de Desarrollo.

En comparación a 1985 donde cerca del 35% de las instalaciones de robots industriales pertenecían a la industria automotriz, en nuestros días una gran variedad de industrias utilizan ya esta tecnología, como lo es la industria espacial, la electrónica y la de bienes de consumo. Pero gracias al avance que se ha obtenido dentro del campo de la inteligencia de los robots, proporcionándoles capacidades sensitivas táctiles y de visión, un sin número de industrias también la aplican, como la textil, la procesadora de alimentos, la farmacéutica, la de la construcción, la de cuidados de la salud, etc.



Planta Automotriz de Ensamble

Fig. 22

La planta automotriz de ensamble de la fig. 22 utiliza 14 computadoras controladoras de soldadores con capacidad de producción de 72 carrocerías por hora y 400 puntos de soldadura por carrocería.

Los robots proporcionan atractivas ganancias en la producción, principalmente cuando se integran a un sistema automático. Se puede decir que gracias a su utilización la productividad aumenta en un 20% a 30%. Además de que la mayoría de los robots son adaptables a la maquinaria existente, por lo tanto, las compañías que los utilizan pueden acelerar sus procesos con el equipo común, mientras reducen la necesidad de nuevas inversiones.

Aunque la tecnología fué inventada básicamente en E.U., los japoneses fueron los líderes en poner en uso los robots. Las estimaciones indican que en Japón hay cerca de 60.000 robots industriales instalados y en E.U. solo hay 16.000. A mediados de los 60's los japoneses reconocieron que la productividad potencial que los robots les ofrecían podían convertir a Japón en una nación poderosamente manufacturera.

Alrededor de 1975, Japón comenzó programas incentivos para la fabricación de robots, estos programas incluyen investigaciones patrocinadas por el gobierno, así como impuestos benéficos para fabricantes y usuarios de robots. Estos programas han sido de gran ayuda tanto para las (aproximadamente 200) compañías fabricantes de robots así como para la propia economía del país.

Lo anterior tiene como finalidad hacer notar al industrial mexicano que empezando en Japón y actualmente en todos los países desarrollados, la industria ya cuenta con avanzados sistemas robotizados integrados a sus líneas de producción, lo que ha proporcionado beneficios económicos tanto a la industria como al país. Todavía estamos a tiempo para imitar a todos estos países y no quedarnos rezagados dentro del campo de la industria manufacturera moderna.

Los industriales expertos, creen que a raíz de la creación de industrias automatizadas y la utilización de los robots se desarrollarán nuevas oportunidades de trabajo, así como sucedió con la explosión de oportunidades que se crearon a partir del lanzamiento de las computadoras.

Muchos expertos opinan que, hablando a corto plazo, los robots no traerán un impacto significativo en los niveles de empleo. *Sin embargo, si la fuerza de trabajo de un país no está preparada para recibir los nuevos requerimientos de trabajo que trae consigo la automatización, podrían presentarse problemas de desempleo temporal; es por ello que, planeando el futuro, se instituyan programas de entrenamiento en los trabajos, así como la modificación o creación de nuevos programas de estudio y cursos, para el desarrollo de una actitud positiva hacia la introducción de la automatización.*

El temor que los trabajadores pueden presentar ante la aparición de los robots, es factible de aminorarse haciendo de su conocimiento los siguientes puntos:

- 1) Las instalaciones de robots, en su generalidad, significa el reemplazo de éstas sobre otros equipos, no el reemplazar a las personas.
- 2) Los robots, en las fábricas, generalmente disminuyen los riesgos, las demoras, el aburrimiento y las tareas repetitivas.
- 3) El incremento de productividad que ofrece la instalación de robots, puede iniciar el camino para la obtención de una semana de trabajo más corta, mejores salarios y mejores condiciones de trabajo.
- 4) La mayor productividad significa menores pérdidas de empleos en las empresas manufactureras competitivas.

Se debe reconocer que los robots son herramientas que pueden crear un mejor nivel de vida para todos.

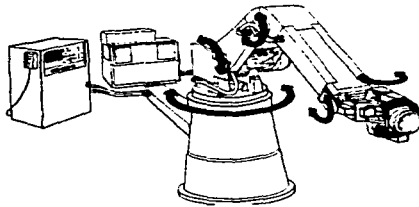


Fig. 23 Configuración básica del Cincinnati Milacron (Robot Industrial)

La fig. 23 muestra un robot industrial que tiene un brazo articulado controlado remotamente. Utiliza una computadora Acramatic y dispositivos de control especializados. Consta además de una unidad de poder hidráulica y eléctrica.



Fig. 24 Robot Industrial Cincinnati Milacron T3/726

El Robot anterior fue diseñado para aplicaciones de manejo , ensamble y soldadura de partes.

Automatización.

La automatización, mejor enunciada como ingeniería de automatización, es una filosofía de la ingeniería de diseño que está dirigida hacia lograr la naturaleza automática de una máquina, proceso u otro tipo de sistema de trabajo, refiriéndonos a trabajo como la aplicación de la energía de una máquina, la energía humana (músculos y fuerza mental), para producir algún bien o servicio.

La automatización también aplica a la manipulación de información o materiales para producir bienes físicos que serían los productos finales de un procesamiento o manufactura industrial.

El objetivo de la automatización es el lograr que un sistema de trabajo sea automático, a manera de ser de acción autónoma, auto-regulable, y auto-confiable, dentro de lo posible.

Ventajas y Limitaciones de la Automatización.

Una de las ventajas apreciables de la automatización es el transformar ciertos procesos rentables. De los diferentes dividendos obtenidos por el proceso de automatización, dos son los más notables: mejorar la productividad y mejorar la calidad de los productos.

1.- Mejora de la productividad de las máquinas y la gente como dividendo que siempre se traduce a una mayor rentabilidad y a mejores tasas de retorno para cualquier inversión. Varios factores intervienen en mejorar la productividad pero dos son los más importantes.

a) Incrementar la capacidad de producción.

Más bienes producidos en cada espacio de manufactura, por cada máquina instalada, y por la fuerza de trabajo del hombre. En términos de las máquinas, la automatización usualmente incrementa el ciclo de trabajo de las máquinas y obtiene más horas de trabajo por día, por máquina.

b) Mejor control de inventario.

El poder controlar los flujos de materias primas, de bienes en proceso y productos terminados bajo el axioma de que " automatizar adecuadamente significa entender y planear excedidamente bien".

Existen infinidad de técnicas especiales que son soportadas por programas de software para un análisis computarizado, que incluyen conceptos de tecnología de grupo como el Justo a Tiempo (JIT) y otros aspectos de recursos materiales y requerimientos de planeación (MRP).

2.-Mayor Calidad en el Producto.

Esto puede mejorar la posición competitiva y reduce el gasto y el re-proceso. Todo ésto se traduce en más altos volúmenes de producción y su subsecuente ventaja económica.

Es interesante hacer notar que parte de la automatización ha entrado a las industrias, no necesariamente por elección, sino por la fuerza de las mejoras en manufactura y las operaciones de procesos que exceden las limitaciones de la destreza, conciencia, conocimiento, velocidad y fuerza del hombre. Algunas variables de manufactura y proceso como la temperatura, presión, composición química, flujo, peso, etc., no pueden ser directamente medidas por el ser humano. Esta fue una de las razones por la que la automatización fue introducida como una fuerza externa que combatiría las restricciones de la fuerza de trabajo humanas. Otra de las razones fue el reducir el tiempo perdido al limitar el campo de acción humano en procesos de alto riesgo o equipo en movimiento, que podía ser ejecutado por una acción mecánica o repetitiva de una máquina.

Limitaciones de la Automatización.

1.-Alto Costo. La primera de las limitantes de la automatización es el alto costo del diseño, construcción y mantenimiento de equipo automatizado. Esto es aliviado por los bajos costos de los componentes electrónicos, aunque los ahorros son opacados por los costos inflados del software requerido. Esfuerzos sorprendentes se están haciendo en términos de estandarización de equipos, redes de comunicación y software que ayudarán a reducir la barrera del costo en la automatización.

2.-Vulnerabilidad al tiempo muerto. Debido a la creciente complejidad del equipo autómatas. Esta vulnerabilidad está siendo reducida a un paso acelerado debido a las mejoras en equipos por medio de auto-diagnóstico, técnicas de tolerancia a fallas, y acercamientos más económicos para el diseño de sistemas automáticos.

3.-Mayor atención de la Gerencia. Las acciones en sistemas altamente automatizados suceden a rangos casi increíbles de precisión en donde no existe espacio o tiempo para las decisiones humanas. Con la tecnología de vanguardia, una máquina o proceso puede ser operado para hacer las decisiones en cuanto a la calidad de la materia prima y producto de desecho en cuestión de milésimas de segundo. Mediante las redes de información, la alta gerencia puede tener datos segundo a segundo de la situación en el piso de manufactura e información localizada de máquinas y procesos específicos. De esta manera un mejor personal de gerencia es requerido en cuanto una planta incrementa sus procesos automatizados.

En el futuro más distante, una gran porción de las decisiones instantáneas requeridas por un proceso de manufactura serán realizadas automáticamente. Sin embargo, la asignación de la responsabilidad a las computadoras, implicará un proceso detallado y de mucha atención para el análisis de la programación de sistemas por personal altamente calificado.

4.-Imagen negativa de la Automatización. Ha sido sorprendente en los últimos años la aceptación que la tecnología de automatización ha tenido por autoridades y sindicatos de trabajadores, aunque persiste el concepto de que la automatización elimina posiciones de trabajo. Es importante mencionar que la automatización crea nuevos trabajos, con mejores niveles de habilidad para todo el personal involucrado.

Aplicaciones para la Tecnología de Automatización.

Casi todas las actividades humanas incluyendo la educación, recreación, servicios médicos, comunicaciones, transporte, manufactura industrial y procesamiento, investigación y desarrollo, negocios y el comercio han sido impactados por la automatización.

Automatización de la Oficina.

Como ya explicamos en el capítulo I, la automatización de la oficina está referida a la computarización, involucra información como entrada. La información puede ser de diferentes formatos y propósitos como la preparación de la nómina, reservaciones de transporte, itinerarios de viajes, transacciones bursátiles y financieras, estadísticas y compilación de censos, control de inventarios, análisis de precios y contabilidad, riesgos y registros de seguros, control de la calidad estadísticamente, correo electrónico y casi toda actividad que pueda ser descrita como trabajo de escritorio rutinario. La productividad por empleado de oficina es una de las ventajas, pero la más importante es la rapidez con que la información requerida para la toma de decisiones puede ser comunicada a través de largas distancias e integrada con otras provenientes de otras instituciones o entidades corporativas.

La automatización de la oficina ha contribuido en forma marcada a los procesos de manufactura y procesamiento automático de sistemas.

Manufactura Automática.

La automatización de la manufactura a largo plazo excederá a la automatización de la oficina en términos de inversión. Sin embargo el intercambio e integración de la información entre la oficina y las fábricas no permitirá identificar una diferencia clara entre las prioridades de ambas.

Las industrias automotrices y electrónicas son un claro ejemplo de liderazgo en éste campo. Estas han estado bajo fuerte presión para mejorar la calidad y la productividad de los procesos dentro de fuerzas productivas que interactúan nacional e internacionalmente. Las fuerzas competitivas han garantizado altas inversiones en investigación y desarrollo de manufactura. Por lo mismo los vínculos entre la comunicación avanzada y la robotización más efectiva incluyendo la visión en las máquinas ha sido una de las áreas de mayor enfoque para estas industrias.



Fig. 25 Caso Típico de Manufactura Automatizada.

El equipo mostrado en la figura anterior utiliza cámaras de inspección para el llenado y procesado de productos envasados.

Patrones de la Producción Industrial.

La automatización de la manufactura se ha desarrollado por dos caminos principales que reflejan distintas naturalezas en dos tipos de productos:

1.-Industrias de procesos de fluidos y materiales pesados.

Son ejemplos de éstas las industrias químicas, petroleras, petroquímicas, metalúrgicas y de procesamiento de alimentos, entre otras que reaccionan, separan, combinan y procesan materiales en estado líquido, gaseoso o de vapor. Durante gran parte de la manufactura las materias primas, materiales en proceso y productos finales se encuentran en forma de líquidos o sólidos a granel. A excepción de su estado molecular, estos materiales no se encuentran en forma discreta o de piezas identificables. Los fluidos y materiales son manejados en contenedores y son transportados por medio de tuberías o transportadores. Una excepción son los productos finales que pueden ser identificados discretamente en cajas, tanques, barriles, etc.

Un alto grado de automatización ha existido en las industrias de materiales y fluidos por varias décadas, particularmente desde la segunda guerra mundial cuando muchos de los sub-procesos de la industria se convirtieron en procesos continuos. Por muchos años y aún en el presente, las variables más comunmente medidas y controladas han sido temperatura, presión, gasto y niveles de líquidos que son esencialmente imposibles de medir precisamente por una persona sin la ayuda de instrumentos. La automatización de la medida y control de estas variables durante muchos años fue siempre identificada como el *control automático e instrumentación*.

2.-Industria Manufacturera de Piezas Discretas.

Este tipo de industria es la manufacturera de máquinas y partes, ensambles y subensambles, y ha destacado por su intensa labor, ya que las variables de la producción como dimensiones, posición, desplazamiento, proximidad, movimiento y velocidad han sido parcialmente manejadas por la gente. Tecnológicamente ha sido más difícil desarrollar sensores de medición automática y dispositivos de control automático sin la supervisión humana, que el desarrollo de instrumental para industrias de fluidos y sólidos, debido a las dificultades tecnológicas que requiere la adecuada manipulación discreta en la manufactura.

Fundamentos Científicos para la Automatización.

Los principales desarrollos científicos y tecnológicos que han contribuido a la factibilidad de la automatización se describen a continuación:

1.-Retroalimentación que es el fundamento principal y el mecanismo básico que sustenta los procesos auto-regulables. Definida como la información de salida en un estado de un proceso u operación y es alimentada a una etapa anterior a manera de influir su acción y posiblemente cambiar la salida.

2.-Teoría de la Información y Comunicación estudiada por Wiener en su tratado de la Cibernética o Control y Comunicación en el animal y en las máquinas. describe tres conceptos cibernéticos: (1) sistemas animales o de máquinas, (2) comunicación entre sistemas, (3) regulación o auto-regulación de los sistemas.

3.-Sistemas de Sensores y Medida que han sido utilizados como instrumentos para aprender acerca de los fenómenos físicos y químicos más que como instrumentos de automatización.

La medida del peso y dimensiones han sido típicamente mecánicas aunque con el desarrollo de la electrónica han franqueado avances más significativos. Aún se siguen utilizando instrumentos mecánicos, neumáticos e hidráulicos de medición.

4.-Servopoder, eléctrica, hidráulica y neumática, estos cuatro conceptos han hecho posible una amplia gama de válvulas, respiraderos (especie de persiana que permite el paso del aire y no del agua) y amortiguadores en las industrias de fluidos y sólidos y los posicionadores de máquinas y piezas de trabajo en la manufactura de piezas discretas. La automatización ha sido asistida por dispositivos de tecnología combinada tales como los subsistemas y relevadores electromecánicos, electrohidráulicos y electroneumáticos. El continuo progreso en el diseño de motores eléctricos que decrecen en tamaño y peso para un determinado requerimiento de caballaje con altas eficiencias en el consumo de energía, está contribuyendo a la consolidación de la automatización en muchas áreas de la industria.

5.-Computadoras y poder de memoria han sido de una enorme importancia para la automatización aunque éstos no siempre son muy sofisticados. Al incrementarse el grado de automatización y complejidad de un proceso o máquina, existen requerimientos para almacenar más información y la necesidad de ser accesada a rangos cada vez más altos de velocidad. Antes de la entrada de la electrónica digital, el cómputo mecánico y los sistemas de memoria eran muy lentos y de gran dificultad para ser modificados.

6.-Tecnología Digital que incluye los avances del estado sólido y la microelectrónica que introdujo altas velocidades de procesamiento para sistemas automatizados que en combinación con detectores y sensores de velocidad de respuesta mejorada, propiciaron el mejoramiento del desempeño de los sistemas de control. El avance en los tamaños y costos de la microelectrónica han influido enormemente en la disponibilidad de componentes en términos de la aplicación factible y económica.

7.-Mecanización como el paso lógico hacia la automatización.

8.-Sistematización y el Análisis de Ingeniería fueron y seguirán siendo elementos clave para lograr exitosos planes de automatización e instalación de sistemas.

9.-Tecnología de Despliegado de Información que ha progresado más allá de las expectativas anteriores al uso de rayos catódicos y que contribuyó enormemente a la expansión

de la tecnología de automatización. La interfase hombre-máquina-proceso ha encontrado ingeniosos caminos para presentar e imprimir información hasta en color, como lo serían el diseño de manufactura en el CAD/CAM.

Sumario de Robótica y Automatización.

Una vez que hemos hablado sobre robótica y automatización y que conocemos las ventajas que nos ofrecen en los procesos de manufactura, adquirimos la capacidad de que al analizar cualquier producto, podemos observar que los rasgos de calidad abundan, sin importar el nivel de ésta.

El problema viene cuando nos preguntamos cómo alcanzar un nivel alto de calidad en un producto o proceso de manufactura, ya que nadie piensa pagar por un producto defectuoso, ni el cliente ni el fabricante. Es necesario realizar un esfuerzo total cuyo objetivo sea alcanzar un óptimo nivel de calidad y trabajar con una mentalidad de "cero defectos" en los productos producidos. Todo esto lo lograremos automatizando.

Automatizar significa incrementar la calidad en un proceso de manufactura y lograrla en un nivel aceptable, conociendo el proceso y cómo trabaja éste, e incluyendo un conocimiento de las velocidades de las máquinas, tolerancias y repetibilidad, más otros parámetros físicos que pueden ser medidos.

Mientras se incrementa el conocimiento del proceso, la calidad también se incrementará, y las eficiencias de la manufactura tenderán a incrementarse para producir más en menos tiempo. El analizar datos de tiempo real, es la llave para mejorar más ampliamente la calidad de un proceso, y esto lo logramos a través de la automatización.

Mientras más paquetes de software sobre el análisis automatizado se adquieran, se ayudará a monitorear de una manera satisfactoria un proceso de manufactura y a mantener los parámetros de control adecuados al sistema para que éste tome las acciones correctivas necesarias.

Los elementos correctos, puestos de una manera adecuada y en el tiempo preciso, es una medida de calidad, que afecta también al precio y los beneficios.

Finalmente diremos que las oportunidades existen: robótica avanzada, sistemas avanzados de control por computadora, principios mecatrónicos aplicables en un amplio rango de productos y procesos industriales, tecnología de sistemas empotrados y arquitecturas de red que integran información y control, proporcionándonos información exacta y a tiempo. Todo esto para lograr una adecuada aproximación mecatrónica en el diseño de sistemas de ingeniería.

La posibilidad de automatizar está al alcance de nuestras manos, de nosotros dependerá el estancamiento o la modernización de nuestros sistemas de manufactura.

III.2 Productos Mecatrónicos.

Un acercamiento mecatrónico al diseño de productos de ingeniería se esfuerza por explotar desde los primeros pasos del proceso conceptual de diseño, la inteligencia y la flexibilidad producida por el uso de la tecnología de empotramiento (chips) y el poder de procesamiento distribuido a lo largo de todo el producto.

Excelentes ejemplos sobre este acercamiento al diseño de productos se encuentran en las cámaras autofocus y el tocador de compact disc.

Los desarrollos futuros contendrán la incorporación de más inteligencia artificial avanzada en productos con una función mecánica básica. Un ejemplo de ello son los robots ampliamente desarrollados y con un alto grado de autonomía, que están siendo utilizados para el mantenimiento y reparación de equipo bajo el agua, mantenimiento y reparación en ambientes contaminados de radiación y gases tóxicos, en el espacio y de emergencia contra incendios, entre otros.

Otro buen ejemplo de mecatrónica lo tenemos en el diseño de aeroplanos. La habilidad del moderno control por computadora para proveer una estabilidad artificial, significa mayor eficiencia en el vuelo. Actualmente se está trabajando en el diseño de sistemas controladores de vuelo para conceptos más avanzados de vuelo.

Más ejemplos de productos mecatrónicos son:

Autohelm:

Es un sistema auto regulable para uso en botes pequeños que son diseñados y producidos por Nautech en Inglaterra. Estas unidades son capaces de dirigirse hacia un curso establecido utilizando información referencial de fuentes internas como la de una brújula o fuentes externas tales como el ángulo del viento o señal de radio. Los cambios en la dirección del bote o del viento son detectados por los sensores y se realiza el ajuste necesario para mantener el curso adecuado utilizando un actuador interno lineal con un motor de 12V. El ajuste del curso mediante el controlador es de gran exactitud, ya que tiene una resolución de 1 grado.

Controlador Doméstico de Energía:

Se intenta tener un controlador centralizado de una gran variedad de sistemas domésticos, que van desde calefacción hasta lavadoras de platos, utilizando conexiones y sockets inteligentes.

Como podemos ver los ejemplos de productos mecatrónicos se extienden sobre varias áreas de la Ingeniería e incluyen a los robots, equipos de audio y video, baleros magnéticos sin contacto, vehículos guiados automáticamente, etc.

El factor común en la mecatrónica consumible, es la interacción de las disciplinas involucradas en la etapa de diseño y producción. De esta manera se logra una constante reducción del costo real del producto para beneficio del usuario final.

III.3 Desarrollo y Aplicaciones en la Industria.

Manufactura Integrada por Computadora. C.I.M.

Introducción.

Una nueva revolución industrial está en camino. Si la primera revolución industrial fué la sustitución de los músculos de los animales y hombres por la energía del vapor, la presente revolución es la sustitución de los ojos y oídos humanos por sensores, y del cerebro humano por las computadoras, dentro de las operaciones de manufactura.

Con el alcance y la velocidad del cambio en la producción de tecnología, que está ya en camino, existirá menos tiempo para el reaccionar de la sociedad. Esto significa que hay menos tiempo para los que toman las decisiones, a nivel gobierno e industria, para pensar en las respuestas gubernamentales apropiadas antes de que los actos sean irresistibles, por lo que este estudio es de gran importancia, ya que todavía estamos a tiempo para la aplicación de esta propuesta.

Este estudio es de vital importancia, ya que el grado de utilización de las tecnologías CIM y el grado en el que tecnologías como NC/CNC, robótica, CAD-CAM, ha aumentado drásticamente dentro de la industria del metal. (considerando que las máquinas son productos de metal y que la manufactura depende de las máquinas). Podemos decir que el sector de la industria del metal y particularmente el subsector de construcción de máquinas, tienen un papel único y vital en el sistema económico. Es este sector el que produce los bienes de capital y sobre los que la producción depende. De aquí la necesidad de la Implantación de CIM en la Industria Mexicana.

Si en un futuro cercano no adoptamos la estrategia desarrollada por Japón, basada en una economía de exportación, la capacidad de hacer bicicletas y computadoras personales utilizando una tradicional labor intensiva, no se traducirá en una habilidad por hacer automóviles, aviones, ni computadoras sofisticadas o sistemas de telecomunicaciones. Más bien, las firmas pequeñas y medianas estarán limitadas durante largo tiempo para producir solamente los productos menos complejos o subsensibles y actuar como subcontratistas de grandes firmas establecidas en Japón, Europa y Norteamérica. Por lo que para ser totalmente competitivos en el rango total de los productos de manufactura sofisticada será necesaria la introducción de control por computadoras en nuestras industrias.

El Surgimiento de CIM.

El programa tecnológico hacia una mejor realización de los productos, ha estado gradualmente acompañado por el incremento de complejidad y precisión de los mismos, así también por el incremento en la complejidad de los procesos que involucran su manufactura. Esto nos habla de que a través de los años, los dispositivos y/o diseños de ingeniería se han complicado en cuanto al número de partes se refiere. Vgr. Los primeros automóviles, basados en la tecnología de las bicicletas, con la adición de una fuente de combustión interna, estaban formados por alrededor de 1,500 a 2000 piezas. Modelos posteriores se hicieron más complejos en casi todos los aspectos y los automóviles en la actualidad utilizan más de 30,000 piezas diferentes (de las cuales solamente un 10% son producidas según la marca del auto).

El aumento de la complejidad en los productos, incrementa la importancia de la etapa de ensamble en los procesos de manufactura. Fué la dificultad causada por los ensambles, la que creó la necesidad del intercambio de las partes, a principios del s.XIX. Esto resultó en una fuerte tendencia hacia la estandarización del diseño y los procesos de manufactura y por consiguiente esto permitió a los fabricantes el reducir sus costos drásticamente hacia finales del s.XIX y las primeras décadas del s.XX.

Los problemas en la producción a gran escala de productos estandarizados originaron una estructura de organización y filosofía de extrema especialización y una división de labores.

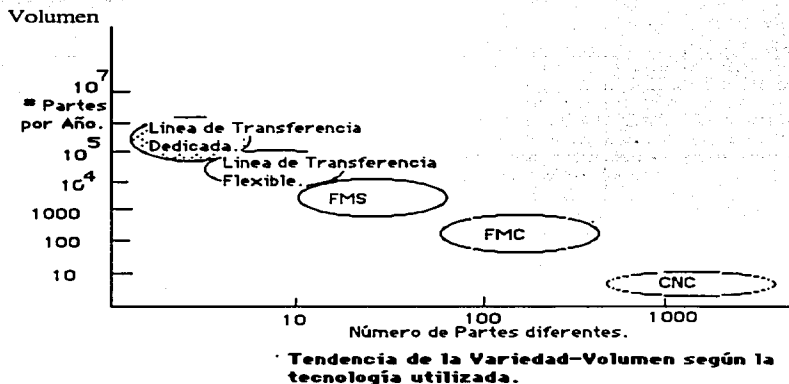


Fig. 36

En cuanto al ciclo de vida de un producto, sabemos que éste se está acortando. La principal evidencia de esto parece ser la experiencia reciente en la industria de los semiconductores, donde una gran cantidad de nuevos productos son ahora introducidos aproximadamente cada 3 años, comparado con los ciclos de 5 a 7 años de las décadas pasadas.

El impacto combinado por el incremento en la complejidad, junto con el incremento de la variedad, dentro de la manufactura, y la reducción del ciclo de vida del producto, ha creado un problema masivo en la dirección y coordinación de información. La organización en la producción se vuelve verdaderamente compleja. La respuesta en la mayoría de las compañías ha sido el computarizar muchas funciones individuales, sin planeamientos serios para su interacción con las otras.

Como una consecuencia directa de esta tendencia hacia el incremento de la complejidad y variedad, las actividades basadas en la información constituyen ahora una fracción creciente dentro del total de las actividades, en las compañías manufactureras y en la economía como un todo. Más y más personas son empleadas en actividades que requieren de una mejor preparación o actividades superiores.

Un problema particularmente grave ocurre cuando se dejan la mayoría de las funciones de información (entrada- salida) a trabajadores humanos, ya que la salida de información de las funciones computarizadas puede fácilmente saturar los transductores humanos, resultando en un incremento de información basura, errores, o simplemente ruido en el sistema, el cual es costoso en detectar y difícil de corregir. Otro impacto causado por el incremento de la complejidad y variedad en la manufactura, ha sido que el control de calidad se vuelve un verdadero problema. La inspección, el re-fabricado, y los servicios después de las ventas terminan en un incremento del costo total, algunas veces excediendo en un 60%. Estos costos pueden ser eliminados, en principio, si no hay errores o defectos en el proceso de manufactura.

Es bien sabido por los ingenieros industriales que la mayoría de los defectos del producto resultan por errores humanos, ya sea en la etapa de diseño o en su fabricación. Los errores provocados por fallas mecánicas son comparativamente poco frecuentes y fáciles de identificar.

Los humanos estamos propensos a tener errores. Esta propensión puede ser reducida mediante una ergonomía sofisticada: entrenamiento, motivación y diseño sofisticado del lugar de trabajo. Pero el error es de humanos. La probabilidad de error no puede ser eliminada totalmente, ni siquiera reducida abajo de ciertos límites fisiológicos y psicológicos. Los errores humanos en el diseño e ingeniería, pueden en principio, ser notablemente reducidos, mediante el uso de computadoras, para asistir y ayudar en esos procesos (CAD/CAE). Los errores en operaciones de máquinas y ensamble pueden también ser notablemente reducidos usando computadoras para controlar procesos de manufactura (CAM) y finalmente pueden ser disminuidos a cero mientras los trabajadores humanos sean sacados de las funciones en línea.

Por lo que, con la introducción de CIM, se logra una mejora en el control de calidad y una mayor flexibilidad, que responden rápidamente a las necesidades del mercado.

Los consumidores de los países ricos están insistiendo cada vez más en una combinación de variedad y calidad, que es más difícil de alcanzar con una tecnología de manufactura tradicional (manual o mecanizada, no computarizada).

Los fabricantes sin CIM y todas sus implicaciones, no serán capaces de lograr los niveles de calidad en los productos que les sean demandados.

Qué es y Qué Hace CIM.

Digital Equipment Corporation define a CIM como la aplicación de la tecnología de la ciencia de la computación en las empresas de manufactura, para proveer la información precisa en el lugar preciso y a la hora precisa, la cual permite el desarrollo de sus productos, procesos y metas de la empresa.

La clave de CIM es la integración de las funciones de manufactura y de oficina, dentro y fuera de la línea y la meta final es un sistema de manufactura en el que las máquinas son inteligentes y pueden comunicarse directamente con las otras, saltando a la mayoría de las interfases humanas que caracterizan al sistema actual. Además de que la implementación de CIM requiere de trabajadores capacitados en varias áreas.

Al hablar de manufactura nos referimos a la conversión de materiales crudos a productos terminados, variando en tamaño, desde componentes eléctricos muy pequeños hasta barcos, y en complejidad desde uñas postizas hasta supercomputadoras.

Las actividades básicas de manufactura pueden dividirse en varias categorías: procesamiento de materiales (refinado, mezclado, etc), manufactura de partes (cortados, moldeado y terminado), ensamble de partes y empaçado, inspección, almacenamiento, mantenimiento, ventas, etc.

El concepto de Manufactura Integrada por Computadora proviene de los primeros años de la década de los 60's. Fué una consecuencia natural del concepto que emergía, de que la manufactura es, verdaderamente, un sistema, no meramente una colección de actividades sin relación, unidas por un producto final común o por un propietario común. Lo que diferencia a un sistema, en el sentido técnico de la palabra, de tal colección, es la interdependencia de sus componentes, fig. 2 pag 7.

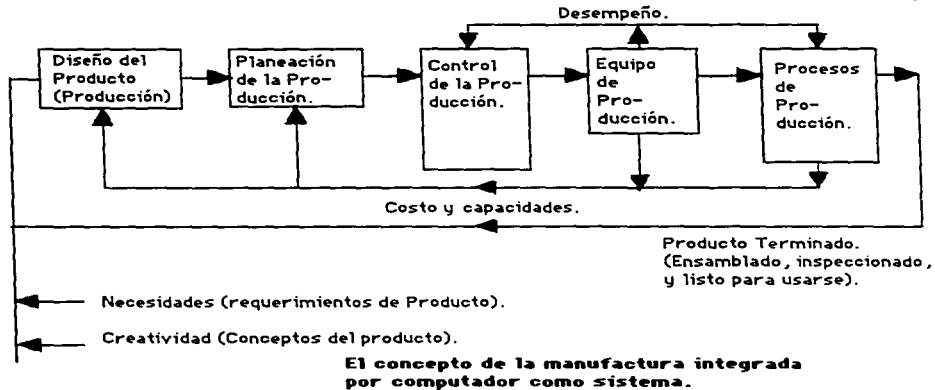


Fig. 27

Un sistema CIM no puede ser implementado en el "viejo estilo" de división de labores o con el "viejo estilo" de dirección jerárquica. La implementación de CIM implica la sustitución de computadoras por humanos, en la mayoría de las actividades repetitivas de la línea, mientras se les mantiene en aquellas funciones no repetitivas, tales como diseño conceptual, planeación, diagnóstico de problemas y fallas, donde las capacidades humanas son todavía irremplazables.

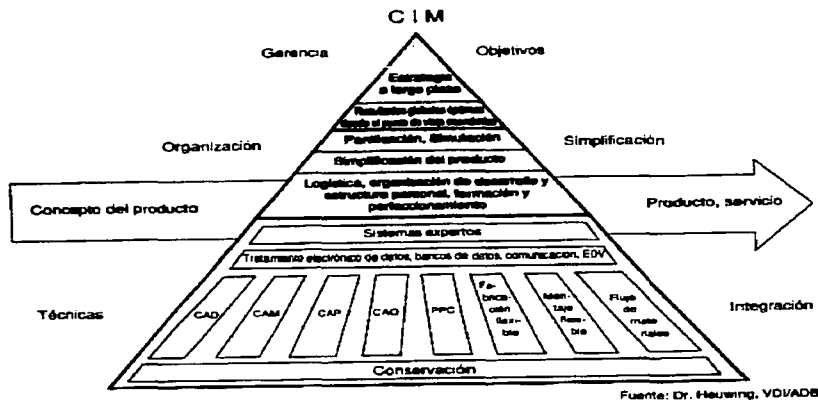
La competitividad en las industrias de manufactura dependerá de la calidad en la estructura organizacional de la firma y el "know how" incorporados en el software. La ingeniería de software y la seguridad en el mismo serán funciones centrales para las firmas de manufactura. No se debe depender de firmas consultoras o desarrolladoras de software, los elementos críticos del software, incluyendo la arquitectura básica del sistema, deben ser desarrollados "en casa". Una explicación al porqué del éxito obtenido por empresas japonesas en los mercados mundiales, es que han comprendido mejor el concepto de "hágalo usted mismo" al igual que firmas en Alemania, en comparación con firmas estadounidenses, de aquí la excelencia dentro de la manufactura de los japoneses.

Para resumir, CIM es una filosofía de dirección, basada en los sistemas de manufactura, la cual enfatiza la integración de funciones, labores flexibles de multi-tareas, y un máximo uso de computadoras y algoritmos de decisión para reemplazar la propensión de los errores humanos en tareas repetitivas sobre la línea de producción, especialmente donde los humanos han sido usados como transductores de entrada y salida de información.

Metodología de CIM.

Es importante hacer notar que una automatización efectiva presupone la acción coordinada de tres funciones: mecanización, flujo de materiales y flujo de la información a manera de encadenar con facilidad los sistemas de automatización. Para mejorar la flexibilidad de una empresa es necesario mejorar la calidad de la información. Esto exige un cambio de sentido dirigido hacia el tratamiento integrado de los datos técnicos y para ello es condición necesaria la existencia de un flujo continuo de información para que el tratamiento electrónico de datos se convierta en un sistema global de información. Esto nos va indicando que los objetivos fijados solo pueden alcanzarse si la fábrica se explota de forma óptima en su conjunto y no en secciones parciales.

Es importante hacer notar que para que la planificación estratégica de CIM tenga éxito habrán de incluirse dentro de la estrategia a personal con conocimientos tecnológicos, modificaciones de fondo en la organización, configuración y estandarización de las técnicas de producción, técnicas de tratamiento de datos, capacitación del personal existente y la aceptación de la estrategia por la organización.



CIM no es solamente un problema técnico.

Fig. 28

Esta figura nos muestra que en una estructura CIM podemos encontrar:

- + La gerencia fija los objetivos a largo plazo.
- + Es necesaria una simplificación de la organización.
- + Las nuevas técnicas han de integrarse en la estructura productiva existente.
- + Solo se pueden conseguir resultados útiles actuando escalonadamente.

Técnicas de Producción.

CIM exige que se utilicen sistemas de automatización capaces de comunicarse entre sí, tales como controles de memoria programables, controles numéricos y ordenadores con sistema de gestión de datos, redes de comunicación y sistemas de software, así como de sistemas de manipulación y transporte tales como robots, con el único propósito de asegurar un flujo continuo de información para mejorar la flexibilidad y reducir al mismo tiempo los costos de producción.

Capacitación del Personal.

Un equipo de personas motivado y bien preparado permite alcanzar mejores resultados que la inversión de capital. La fábrica del futuro no pretende ser una fábrica sin personas. Simplemente se crean en determinadas secciones de fabricación islas totalmente automatizadas. El hombre sigue siendo un elemento irrenunciable en el proceso productivo. Pero con la automatización aumentan también los requisitos de cualificación en el puesto de trabajo. Ya no basta con dominar las funciones de una sola máquina, sino que los empleados deberán ser capaces de supervisar procesos más complejos con necesidades de cualificación muy rigurosas y que exigen la capacidad de pensar en forma sistemática. La modificación y ampliación de los contenidos del trabajo camina paralelamente al incremento de la responsabilidad de los empleados. Por este motivo, el ingeniero encargado de la planificación debe ser consciente de que el éxito de la producción depende de su trabajo. Esto exige la facultad de identificar las relaciones globales y captar sus efectos.

También en la gerencia debe producirse un cambio de mentalidad, ésta habrá de prepararse para las nuevas técnicas, cerrando las lagunas existentes en algunos sectores de sus conocimientos. El proceso de adaptación entre la cualificación y la técnica y entre la técnica y la cualificación ha de valorarse hoy en día de otra manera. La técnica ya no es autónoma en este sentido. Solamente se podrá llegar a obtener un sistema hombre-máquina eficaz sintonizando la técnica, las cualidades y los deseos de los empleados.

Los cambios provocados por las nuevas estructuras de producción no solamente establecen nuevas exigencias para los empleados, sino también la escuela y facultades universitarias de formación profesional, deben contribuir a que los futuros graduados no sean solamente especialistas en su propio campo sino que sean capaces de integrarse en soluciones globales, que es precisamente uno de los objetivos de la Ingeniería Mecatrónica.

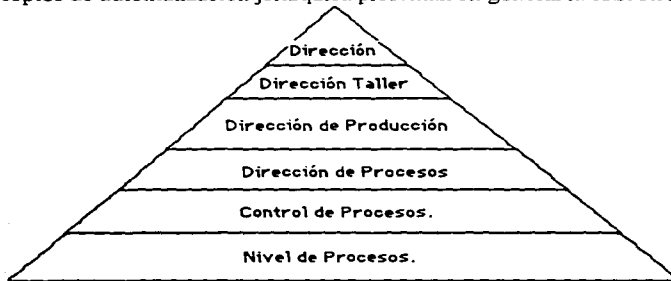
Es por esto que para trabajar una nueva tecnología no basta con comprar la técnica sino preparar el entorno en cuanto a la organización, contenido y volumen de trabajo, relaciones de comunicación y posibilidades de realización personales.

Flujos de Información.

La disposición fiable de información es una condición esencial para desarrollar en forma óptima una producción flexible. Los cometidos del flujo técnico de la información son la generación, conservación y transmisión de información. Los problemas que hay que superar hoy en día se refieren a la transmisión rápida y confiable de las interfases utilizadas.

La mayoría de los sistemas de comunicación existentes, la conservación de datos y los tratamientos de datos de empresas de producción pueden gestionarse mejor si las funciones y sistemas se asignan a determinados niveles jerárquicos.

Los conceptos de automatización jerárquica presentan en general la estructura de la Figura 29:



Niveles Jerárquicos de una empresa de producción.

Fig. 29

Estos conceptos se han ido formando a lo largo del tiempo a partir de las necesidades de las propias empresas.

Los tres niveles de dirección:

- Nivel de dirección de empresa
- Nivel de dirección de taller
- Nivel de dirección de producción

Estos forman la punta de la pirámide de la empresa.

El ámbito de proceso, que está bajo el nivel de dirección de producción se subdivide en:

- Nivel de dirección de proceso.
- Nivel de control de proceso.
- Nivel de proceso.

Cada nivel plantea necesidades especiales respecto al tratamiento de la información. Lo que caracteriza a esta jerarquía es que los datos de los niveles inferiores se condensan y se transmiten al nivel inmediato superior, eventualmente hasta llegar al nivel de dirección de empresa. A la inversa, las informaciones procedentes de los niveles superiores se transmiten en forma de directriz a los niveles inferiores, donde se complementan con datos específicos.

Mediante la integración vertical, utilizando CAD/CAP/CAM ó PPD/CAM, se enlazan entre sí sistemas dispares jerárquicamente y también posiblemente dispares en el tiempo.

De la misma manera existe también un flujo horizontal de información a nivel dirección de taller, donde se intercambian informaciones entre secciones de taller que están comunicadas entre sí. El flujo de información horizontal también tiene lugar a nivel de dirección de proceso. La conservación móvil de datos permite que los datos de piezas y herramientas se transmitan directamente con el material.

Las funciones y responsabilidades de los distintos niveles varían según la dimensión, estructura y organización de la empresa. De forma global, las funciones de los distintos niveles pueden describirse en la forma siguiente:

Nivel de dirección de empresa: En función de la estructura de la empresa, a nivel de dirección de la empresa se realizan comunicaciones externas e internas. Es necesario transmitir en este nivel grandes cantidades de datos relativos a la economía y la política de la empresa entre las diferentes ramas de la misma y entre los departamentos de administración y planificación.

Nivel de dirección de taller: El sistema relaciona entre sí las diferentes secciones de la fábrica, y puede abarcar varias naves o talleres. El objetivo principal en este nivel de comunicaciones es la distribución de datos organizativos, técnicos y comerciales, a fin de establecer una relación entre las diferentes secciones de la empresa.

Nivel de dirección de producción: En este nivel se dirigen las diferentes secciones de producción como la fabricación de piezas, montaje y banco de pruebas. Esto incluye la planificación detallada, preparación y establecimiento de cargas con las órdenes de producción entre las diferentes células, sirviéndose de los datos de taller comunicados desde abajo, así como de la disponibilidad de material, personal y reservas.

Nivel de dirección de proceso: En este nivel se trata de reunir máquinas de mecanizados, robots y sistemas de transporte a fin de formar células de fabricación lo más autárquicas posible. Dado que la comunicación entre las distintas células y la sincronización con los sistemas de transporte tiene lugar a través de la computadora central, es necesario que el tiempo de reacción sea muy corto y que no aumente excesivamente al incrementarse la carga de la red de comunicaciones.

Nivel de control de proceso: Vigila y capta datos, así como sincroniza las máquinas. Lleva a cabo funciones de regulación y control para procesos parciales, máquinas, sistemas de transporte y robots.

Nivel de proceso: Forma la interfase entre la electrónica y la mecánica. Las instrucciones de control se convierten aquí en movimientos de las máquinas de fabricación, sistemas de transporte, videorganizadores de control, etc. A la inversa, los movimientos, esfuerzos, disposiciones, etc., se captan por medio de sensores y sirven de retroaviso para el nivel de control situado en un plano superior.

En cada nivel jerárquico se tratan principalmente los datos que le corresponden, que se transmiten de forma resumida y compactada a los niveles superiores o directamente a un nivel todavía más alto. El flujo de información vertical plantea por lo tanto otras necesidades, según el nivel jerárquico, a las respectivas premisas de comunicación, tales como caudales de transferencia de datos, tiempo de respuesta o frecuencia de transmisión de datos.

Niveles Jerárquicos del Tratamiento de Datos.			Transmisión de Datos		
				Tiempo de Respuesta	Frecuencia
	Años		MByte	Horas	Día
Estrategia a largo plazo				Minutos	
	Meses/semanas				Turno
	Días		KByte	Segundos	Horas
Tácticas a Mediano Plazo	Horas				Minutos
	Minutos		Byte	Décimas de seg.	Segundos
Operativa a corto plazo	Segundos				Mili-segundos
	Milisegundos		Bit	Milisegundos	

Fig. 30 Niveles jerárquicos del tratamiento de datos.

Una diferenciación importante entre las distintas clases de datos se basa en la vida de los datos:

- Datos en movimiento, definen los datos relativos a los elementos del sistema que están variando constantemente.
- Datos maestros, que informan sobre las características de los elementos del sistema, personas, objetos, comportamientos. Tienen una validez de media a larga.
- Datos estructurales, que describen las relaciones entre los elementos del sistema, según cantidad y clase.

Dado que los datos maestros contienen información a la que pueden acceder varios usuarios, es razonable que estos datos se conserven y cuiden conjuntamente en un sistema centralizado común de mantenimiento de datos.

Tipo	Datos Básicos		Datos de Movimiento
	Datos Maestros	Datos estructurales	
Personal	Nombre	Centro de costos	Tiempo liquidado
	Domicilio	Puestos de trabajo	Tiempo fuera de horario
	Fecha nacimiento	disponibles y posi-	Tiempo de presencia
	Clasificación fiscal	bles para la persona	
	Calificaciones		
Medio de producción	# Máquina	Herramienta a utili-	Nivel de aprovechamien-
	Denominación	zar	to, situación de amorti-
	Rendimiento	Dispositivos	zación
	Indicaciones equipo		Tiempo de presencia
	Centro de costos		
	Puesto de costos		
Producción	Número de piezas	Correspondencia en-	Existencias
	Denominación	tre piezas y subcon-	Cantidades vendidas
	Forma de acopio	juntos, respecto al	
	Existencias mínimas	producto	
	Precio de facturación		
Pedido	Número de la orden	Ordenes de trabajo	Seguimiento de la or-
	Orden de tra-	parciales	den de trabajo
	bajo	Pedidos	Costos de producción
	Plazo		

Fig. 31

Ejemplo de Tipo de Datos

Flujo de Materiales:

En una empresa de producción se entiende por flujo de materiales al transporte controlado de materiales de cualquier clase. El cometido del sistema de flujo de materiales es el de abastecer la producción con la cantidad de materiales necesaria y en los plazos correctos, así como la eliminación de los mismos. Esta logística de producción habrá alcanzado su valor óptimo si se aprovecha la capacidad máxima de las máquinas disponibles y se reducen al mínimo las existencias circulantes. Por eso las medidas necesarias para conseguir una gran flexibilidad en la producción y unos tiempos de ciclo de fabricación reducidos, tratan esencialmente de optimizar el flujo de materiales. De aquí podemos hacer notar la imprescindible unión íntima entre el flujo de materiales y flujo de información. El sistema desarrollado para la fabricación flexible ha conducido no solamente a máquinas más flexibles sino a un flujo de materiales más flexible y por lo tanto más complejo. Se reconoce entonces la necesidad de un control de flujo de materiales programado, que debe colaborar con la programación de la producción.

Los requisitos que ha de cumplir la producción y que se recogen en los objetivos del CIM dan lugar a que las nuevas tecnologías necesarias en el ámbito del flujo de materiales sólo puedan tener un aprovechamiento óptimo si se integran en el conjunto del sistema de flujo de información.

El Impacto Económico de CIM.

Este tipo de cambio tecnológico en la manufactura genera consecuencias económicas a distintos niveles. Los mayores beneficios son ahorro de trabajo, ahorro de capital, aumento de la capacidad, mejoramiento en la calidad del producto y aceleración en la producción. Con lo que se reducen costos y precio del producto y se estimula la demanda.

La mano de obra es todavía el elemento más significativo dentro de los costos en la manufactura, en el sector de la industria del metal, por lo que la reducción en los costos de mano de obra es muy importante.

Mientras un mercado crece en tamaño, los costos tienden a disminuir. En un mercado competitivo ésto normalmente estará seguido por un recorte en el precio, con lo que se incrementa la demanda y se tiene un crecimiento económico.

El Impacto Social de CIM.

Incuestionablemente, algunos de los efectos inmediatos con el advenimiento de CIM serán los impactos en las condiciones de trabajo, habilidades requeridas y oportunidades de empleo. Aspectos relevantes del problema incluyen desplazamiento de la mano de obra, cambios estructurales en la fuerza de trabajo, cambios en el contenido de trabajo, y cambios en el ambiente de trabajo.

Es evidente, que actualmente a nivel pequeña empresa, la aplicación de CIM viene acompañada directamente por desplazamiento en la mano de obra y cambios en las habilidades requeridas. Muchos de los trabajos semiespecializados como dibujantes, manejo de materiales, operadores de máquinas y trabajos de ensamble están siendo gradualmente eliminados. Pero también, aunque en menor escala, están siendo creados al mismo tiempo, trabajos que requieren de más preparación. Algunos de estos trabajos están localizados en el desarrollo e ingeniería de software, y otros son para técnicos con habilidades múltiples quienes supervisan los sistemas de manufactura flexible.

Las opiniones varían en cuanto a los impactos a mediano y largo plazo de CIM. Algunos autores piensan que el problema de reemplazo de trabajo vendrá acompañado de un mayor desempleo. Otros autores son de la opinión que los efectos de ahorro de trabajo con la aplicación de CIM, traerán mayor productividad y mayores ingresos, resultando en una mayor demanda y creando un incremento en el empleo.

En la actualidad dos tercios de los trabajadores empleados para la manufactura están involucrados en trabajos de contacto directo con lo que es producido, choferes, operadores de máquinas, ensambladores, soldadores, inspectores, etc. El otro tercio de los trabajadores están solamente involucrados indirectamente con la fabricación del producto. Ellos son empleados de oficina, dependiente de mercancía, personal de mantenimiento, personal de ventas, programadores, ingenieros, supervisor de personal y ejecutivos. Ambos grupos serán recortados, en número, por CIM, pero los humanos serán necesitados para los trabajos fuera de la línea, incluyendo diseño, ingeniería, mantenimiento y reparación de las máquinas de producción y todas las funciones de alto nivel. Los trabajos eliminados serán los de operadores de máquinas y trabajos de transducción de información, como entrada de datos y teclado de reportes.

Calidad de la Vida de Trabajo.

En el pasado, el trabajo en la fábrica era desagradable y algunas veces demasiado ruidoso, sucio, muchas horas, peligroso, y aburrido. Pero la deshumanización era el problema más grave de los trabajadores. Básicamente al trabajador no le gusta trabajar en la planta, sin importar como estén diseñadas ergonómicamente. Mientras el trabajo sea más rutinario y monótono, menos le gusta.

El sistema tradicional de trabajo en la planta, trata al trabajador como una parte intercambiable. Especialistas analizan cada tarea y los movimientos exactos que deben ser ejecutados por el trabajador. Todo ésto controlado y coordinado por una estructura jerárquica de dirección y un sistema rígido de reglas de trabajo.

La atención cuidadosa de los factores humanos en el lugar de trabajo como, colores agradables, música de fondo, casilleros limpios, hora de café, etc, pueden mejorar un poco la situación. Pero la planta nunca será seleccionada como el lugar de trabajo, por nadie que tenga otra alternativa.

Desde que la tecnología CIM ha ido incrementándose, las plantas han ido trabajando satisfactoriamente. El nuevo acercamiento a esta forma de organización es esencial para el éxito de las plantas de manufactura. Por lo que para aquellas personas aún empleadas dentro de la planta, la calidad de la vida de trabajo tiende a mejorar significativamente.

Educación en CIM.

La implementación de manufactura flexible y CIM hace necesario el entrenamiento de trabajadores. Se necesitan trabajadores flexibles, con nuevas habilidades para manejar el equipo. En la fábrica flexible del futuro, no habrá muchos trabajadores, pero los pocos que haya deberán ser lo suficientemente flexibles para desempeñar varios trabajos, y aprender rápidamente a realizar los que surjan. También tendrán que enseñar a otros. Esto requiere un conocimiento profundo de los propósitos de la maquinaria y de como funciona. El trabajador necesitará saber también lo que el diseñador del producto y el departamento de ventas desean y las necesidades del gerente de la planta.

Un reporte basado en el Simposio Internacional de Microelectrónica efectuado en Japón, resume que las capacidades requeridas por el trabajador serán : *adaptabilidad a los rápidos cambios en el trabajo, capacidad para adquirir conocimientos y técnicas en electrónica y sistemas de control y la habilidad de resolver problemas y encontrar los requerimientos del mejoramiento de la calidad.* Por lo que es importante, además de enseñar temas de comunicación, matemáticas, y computación, evitar la enseñanza de temas incorrectos o el método incorrecto.

Finalmente podemos concluir con los siguientes puntos:

- + Las islas de automatización están empezando a aparecer en todos los niveles, donde es posible unir a las operaciones de manufactura controladas por computadora, con el diseño, la ingeniería, la planeación de los recursos materiales (MRP), y otras actividades de oficina.
- + Las labores humanas, especialmente en las operaciones de máquinas y ensamble, continuarán siendo eliminadas dentro de la manufactura.
- + Esto ocurrirá por varias razones, pero principalmente para incrementar la calidad del producto y la confiabilidad, mientras se recortan los costos.
- + Es importante hacer notar que independientemente de que el software de CIM debe manejar muchas de las funciones del sistema nervioso central de la firma, se dejan la toma de decisiones a los empleados humanos, además de tareas que requieren de un mayor grado de habilidad ya que se hacen más complejas que las que se tenían con máquinas enlazadas mecánicamente.
- + Hemos mencionado que la tecnología CIM incrementa la calidad del producto y la productividad de la empresa. Al incrementar la calidad se incrementa la competitividad de la firma y también aparecen beneficios a los consumidores en términos del incremento de la vida del producto y reducción de los costos de mantenimiento. El incremento en la productividad tiene efectos dentro de la economía, ya que todo se resume en menores precios de los bienes de capital y de otros bienes y servicios, y los precios bajos estimulan la demanda del consumidor, lo que contribuye a un crecimiento económico.

+ Si no se comienza con una modernización en los modelos de manufactura, las ventajas competitivas disminuirán al grado de que, dependiendo más en las tareas humanas que los países desarrollados, nos encontraremos incapaces de producir en masa aquellos productos que requieren de estándares de calidad internacionales. Y tendremos acceso limitado a los mercados de manufactura de productos de los países ricos.

CAPÍTULO IV

MECATRÓNICA EN LA EDUCACIÓN Y TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA MEXICANA HACIA LA AUTOMATIZACIÓN

CAPÍTULO CUARTO. MECATRÓNICA EN LA EDUCACIÓN Y TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA MEXICANA HACIA LA AUTOMATIZACIÓN

IV.1 Un Panorama de la Educación Mecatrónica en México.

El objetivo de este capítulo es el de dar a conocer el entorno de la educación mecatrónica en las diferentes universidades de México. La creciente demanda por parte de la industria e instituciones de investigación ha creado la necesidad de preparar a profesionales que sepan adaptarse a los vertiginosos progresos y cambios de la tecnología. Es por esto que algunas universidades se han preparado para enfrentar esta necesidad logrando así, la constitución del entorno adecuado para la preparación de los profesionales vanguardistas en los cambios tecnológicos y organizacionales de México.

A continuación daremos a conocer el acercamiento, enfoque y panorama de desarrollo de las carreras mecatrónicas y afines en las distintas universidades Mexicanas.

Universidad Panamericana.

Esta universidad no cuenta con una carrera en mecatrónica pero existen otras carreras afines cuyos planes de estudio contemplan algunas de las materias necesarias para constituir el total del conocimiento mecatrónico.

Ingeniería Electromecánica.

Esta carrera está enfocada a la preparación de profesionales capacitados para el diseño mecatrónico con habilidades en procesos de manufactura actualizados y conocimientos sólidos en cibernética, máquinas de control numérico y robótica, permitiéndole adaptar tecnología de vanguardia y diseñar dispositivos mecánicos y eléctricos utilizados en procesos de manufactura de alta productividad. La solución de problemas de automatización del control de procesos mediante la aplicación de la electrónica industrial, problemas de ingeniería de manufactura y problemas de equipo herramienta requerido para la fabricación están contemplados en el desarrollo de esta carrera. Esta universidad contempla que el egresado esté capacitado para trabajar especialmente en la industria metal-mecánica, automotriz, siderúrgica, extractiva, de servicios, de alimentos, así como en plantas de conversión de energía, consultoría e investigación y oficinas de representación comercial de equipos y maquinaria industrial.

Ingeniería en Informática.

Los estudiantes de esta carrera obtienen la capacidad de diseñar e implementar sistemas y tecnologías de vanguardia utilizando sistemas de computación y comunicaciones en empresas industriales y de servicios, para de esta manera aumentar la productividad y agilizar el manejo de información.

Ingeniería Industrial.

Esta carrera posiciona al estudiante dentro de un enfoque de diseño, evaluación e implementación de sistemas productivos maximizando los recursos humanos y materiales hacia la competitividad.

Universidad Iberoamericana.

Dentro de esta universidad no se imparte la carrera de ingeniería mecatrónica, aunque existen carreras de ingeniería que cumplen con algunos de los temas que la forman.

Ingeniería Industrial.

Esta carrera contempla el satisfacer las necesidades actuales y futuras que el país requiere para su desarrollo, enfocándose en base a los principios del análisis y diseño ingenieril hacia la especificación, predicción y evaluación de los resultados que se obtienen del diseño, mejora e instalación de sistemas que integran a la gente, materiales, equipo, información y energía.

Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Esta carrera se enfoca hacia el diseño mecánico y eléctrico en sus fases creativa y de adaptación.

Ingeniería Electrónica y de Comunicaciones.

Se enfoca hacia el diseño de equipos electrónicos y de comunicaciones, su utilización hacia la integración del sector productivo y económico de México.

Sistemas Computarizados e Informática.

Esta carrera desarrolla profesionales que sintetizan y sistematizan los sistemas de información computarizados hacia la aplicación de la informática en las necesidades de control e información de las empresas.

Universidad La Salle.

Dentro de esta universidad existen actualmente las siguientes carreras con materias afines a las de la ingeniería mecatrónica.

Ingeniería Mecánica y en Sistemas Energéticos.

El objetivo de la carrera es formar personas preparadas en la captación de energía a partir de las diversas fuentes y fomentar la investigación y el desarrollo de sistemas industriales que funcionen con fuentes alternas de energía, para de esta manera diseñar, operar, construir, planear, proyectar y mantener obras relativas al campo de acción.

Ingeniería en Energía Eléctrica y en Sistemas Electrónicos.

Está enfocada a orientar al egresado en el uso racional de la energía eléctrica, desde su generación y transmisión hasta su distribución. Se orienta también al diseño de instalaciones eléctricas en sus diferentes aplicaciones, como plantas industriales, hospitales, sistemas de iluminación urbana, etc.

Ingeniería Cibernética y en Sistemas Computacionales.

Esta carrera tiene como principales objetivos los de capacitar al estudiante para que con los conocimientos aprendidos pueda conocer, operar y mantener el equipo de cómputo y los sistemas de procesamiento de datos utilizados en la actualidad. También aprende a decidir sobre la adquisición del hardware y software necesarios para lograr un manejo óptimo de la información. Esta carrera se enfoca en las áreas técnica (ingeniería) y administrativa.

Universidad Autónoma Metropolitana.

En esta universidad se imparten solamente dos carreras que contienen dentro de sus materias algunas de las que forman a la Ingeniería Mecatrónica.

Licenciatura en Computación.

Esta licenciatura tiene el objetivo de preparar profesionales con conocimientos generales de computación, para poder programar y participar en la proposición y solución de problemas computacionales. El egresado tiene también la capacidad de desarrollar actividades de docencia e investigación en el área de computación.

Licenciatura en Ingeniería Electrónica.

Enfocada a la formación de profesionales con conocimientos y habilidades que le permitan solucionar problemas de electrónica, seleccionando e instalando los equipos y sistemas adecuados, además de planear, diseñar, organizar y desarrollar una tecnología propia, que permita reducir la dependencia de la industria nacional del exterior.

Instituto Tecnológico de Monterrey.

El Tecnológico de Monterrey contiene dentro de la Facultad de Ingeniería a las siguientes carreras, las cuales ligadas entre sí forman a la ingeniería mecatrónica.

Ingeniería Industrial y de Sistemas.

El ingeniero egresado desarrolla las cualidades necesarias para analizar, diseñar, implantar y controlar sistemas de información manuales o computarizados en empresas manufactureras y de servicios. Desarrolla actividades metodológicas para la solución de problemáticas complejas. Planea, programa y controla la producción de sistemas. También participa en las distintas etapas de la ingeniería de proyectos.

Ingeniería Mecánico Electricista.

Esta carrera se enfoca a preparar al ingeniero en el uso de las nuevas técnicas de la ingeniería para ser capaz de seleccionar, diseñar y aplicar eficientemente la tecnología más adecuada en la creación y elaboración de productos. La carrera combina las áreas de ingeniería mecánica e ingeniería eléctrica en la selección y diseño de sistemas electromecánicos y en la automatización, operación y control de los sistemas de manufactura.

Ingeniería en Sistemas Computacionales.

La carrera está dirigida para que el ingeniero desarrolle programas en la interfase persona-máquina capaces de manejar los recursos físicos computacionales y las interconexiones de diferentes máquinas simultáneamente, para incrementar así la productividad, así como el uso de las computadoras en la solución a problemas.

El estudiante aprende a diseñar y dirigir aplicaciones de sistemas administrativos, de simulación y sistemas expertos.

Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

La carrera está enfocada al desarrollo de la producción industrial a través de la electrónica, mediante sus aplicaciones en el control y medición de procesos y de la aplicación de microprocesadores y computadoras. El ingeniero aprende a realizar actividades de mantenimiento de sistemas electrónicos y operación de sistemas de comunicación.

Ingeniería en Sistemas de Información.

La carrera está orientada a formar ingenieros capaces de dirigir y administrar empresas en las que se puedan impulsar innovaciones tecnológicas, administrando y desarrollando sistemas computacionales y de información. La carrera se apoya en el estudio de ingeniería, sistemas computacionales, sistemas de soporte a la toma de decisiones y ciencias administrativas.

Universidad Anáhuac.

Esta universidad es la única en México que imparte la carrera de ingeniería mecatrónica como tal.

Ingeniería Mecatrónica.

Aquí el alumno es capacitado para el manejo de todo tipo de tecnología automatizada que controla los procesos productivos, acondiciona robots, crea y desarrolla prototipos que ayuden a optimizar los procesos. Por otra parte aprende a crear tecnología electrónica y mecánica de punta para así poder brindar asesoría y consultoría en la instalación y puesta en marcha de plantas de producción automatizadas.

Instituto Politécnico Nacional.

Este Instituto dentro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica imparte carreras relacionadas con la mecatrónica como las que a continuación nombramos.

Ingeniería en Automatización y Control.

El perfil del egresado de esta carrera consiste en la capacidad de planear, proyectar, innovar, diseñar, construir, operar, supervisar, dirigir, coordinar y administrar equipos y sistemas destinados al control y automatización eléctrica y de procesos industriales en todas sus aplicaciones.

Así mismo el egresado poseerá la habilidad y destreza para desempeñarse en áreas relacionadas con equipos e instalaciones de control, automatización y manufactura, aplicada a la fuerza motriz, tracción, bombeo, etc.

Ingeniería Electricista (Sistemas Eléctricos, Diseño y Manufactura).

Esta carrera prepara a los estudiantes para que tengan dominio en la generación de la energía eléctrica en la rama de las comunicaciones y la electrónica, la mecánica y control de la computación, así como en el manejo del diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas, equipos y aparatos eléctricos.

Ingeniería en Computación.

Está enfocada a la dirección, diseño, construcción, producción, pruebas, instalación, operación, mantenimiento y administración de sistemas de cómputo que se requieren para el desarrollo de la tecnología. Se imparte una preparación teórico-práctica en los aspectos fundamentales de las áreas físico-matemáticas, comunicaciones y electrónica, sociales-administrativas y de ingeniería en computación.

Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica.

Forma ingenieros con conocimientos en las áreas de electrónica, comunicaciones, control, computación y acústica; así mismo auxilia a las disciplinas afines como lo son la música, arquitectura y medicina (desarrollo de instrumentos musicales, diseño de recintos acústicos y estudios de radio; diseño y proyecto de equipo electromédico).

Ingeniería Mecánica.

En ella se desarrollan los conocimientos para el mantenimiento y operación de equipos y sistemas mecánicos. En base al conocimiento de las propiedades de los materiales y de las necesidades sociales, se le da al estudiante la capacidad de lograr un mejor aprovechamiento de los diversos tipos de energía, administrando adecuadamente los recursos existentes y desarrollando nuevas tecnologías.

Ingeniería Robótica.

Esta carrera es una rama de la ingeniería mecánica que a partir de la segunda mitad se le da un enfoque amplio dirigido a la robótica y automatización. Abarca las especialidades de robótica industrial, módulos tecnológicos y robotizados de complejos automáticos, automatización de los complejos de ensamble y sistemas de control.

Después del análisis anterior consideramos que las universidades mencionadas son las más importantes para nuestro estudio, aunque existen otras universidades tales como la **Universidad Tecnológica de México**, la cual imparte las carreras de Ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y en comunicaciones y de sistemas computacionales, y el **Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM)** que imparte la carrera de ingeniería en computación.

Como podemos observar, a pesar de la gran cantidad de universidades que existen en nuestro país, sólo una, la Universidad Anahuac cuenta ya con la carrera de Ingeniería Mecatrónica y de las otras universidades solamente algunas imparten las carreras que constituyen a esta nueva rama de la Ingeniería.

Después de todo lo anterior podemos afirmar que no solamente estamos a tiempo sino que además nos podemos dar cuenta que como responsables del futuro de nuestra educación y formación de nuestros ingenieros mexicanos es realmente necesaria la implantación de la Ingeniería Mecatrónica en nuestra Universidad.

Para mayor información, al final de este trabajo encontramos un apéndice con los planes de este estudio de las carreras en las universidades anteriormente mencionadas.

IV.2 Tendencias de la Industria Mexicana Hacia la Automatización. Resultados de las Encuestas Relizadas a 15 Empresas con Negocios en México.

Se detectó la necesidad de realizar encuestas dentro de la Industria Mexicana para poder evaluar la necesidad y nivel de conocimiento de profesionales en mecatrónica. Por otra parte era importante conocer el nivel de automatización y/o robotización desarrollado y utilizado por la industria al igual que las razones u objetivos a alcanzar, entender las causas y poder identificar los factores que la propician o la limitan.

Entre los puntos más importantes que fueron detectados a partir de nuestro estudio se encuentran los siguientes:

- Tendencias de la Industria en México.
- Necesidades de la Industria.
- Tendencias de la Automatización.
- Opinión de los Directivos en México en cuanto a la Ingeniería Mecatrónica.

Las entrevistas fueron dirigidas tanto a directivos gerenciales técnicos como los administrativos. De esta manera no sólo nos enfocamos en detalles técnicos y tecnológicos de la automatización sino a las tendencias e intereses administrativos que la propician o limitan.

A continuación les presentamos un cuadro comparativo de 15 empresas (grandes, medianas y pequeñas) que participaron activamente en nuestra investigación.

Ver Tabla anexa.

En el caso del Politécnico, la carrera de Ingeniero en Robótica a partir de su quinto semestre se especializa en automatización de la producción discreta, en cuanto a sus principios, tecnologías, líneas de producción, procesos y optimización se refiere. Además de la construcción de robots y el estudio de sistemas de control de plantas automatizadas.

En la tabla de comparación de materias no se incluyeron en su totalidad las materias impartidas en el Politécnico, sino que se éstas se resumen en el párrafo anterior.

Existe dentro del Politécnico una carrera llamada Control y Automatización, que aunque podría pensarse que se asemeja más a nuestra propuesta, no tiene más que unas cuantas materias en común.

En nuestra propuesta incluimos materias humanísticas obligatorias, mientras que en las otras universidades solamente la Universidad Panamericana incluye una materia, dividida en tres partes.(Fundamentos Ideológicos de Occidente). De tal manera podemos observar que nuestro propósito es formar además de buenos ingenieros, personas desarrolladas integralmente, concientizadas y capacitadas para responder a las necesidades y cambios de nuestro México.

A pesar de las necesidades actuales y sobre todo en esta época en la que se acaba de firmar el Tratado de Libre Comercio, solamente la Universidad Panamericana imparte una materia de inglés avanzado. Esto nos hace pensar en la importancia que podría tener un examen sobre inglés que fuera requisito indispensable para graduarse en nuestra universidad.

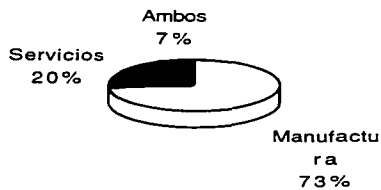
**Tabla Comparativa Entre Empresas en México.
Tendencias Hacia la Automatización.**

COMPAÑIA	RAMO	TIPO DE EMPRESA	SERVICIOS	TAMANO	SECTORES/CAMPOS	TECNOLOGIA UTILIZADA
WESTINGHOUSE	Equipos: Electrónico/Control	Proyectos y servicio	Planación, diseño, implementación	Grande	Industria automotriz: plásticos química, farmacéutica, convertidoras	Equipo de control avanzado
PROCTER & GAMBLE	Productos de consumo	Manufactura	Venta de velas	Mediana	Doméstico	Equipo de inyección de plástico
MESSER GRIESHEIM	Equipos de control numerico	Manufactura	Venta de equipo	Pequeña		
SIEMENS	Equipos: Electrónico Control	Proyectos y servicio	Diseño, instalación mantenimiento y capacitación	Grande	Industria automotriz: cementera, textil, petroquímica	Equipo de control avanzado y automatización
PROCTER & GAMBLE	Productos de consumo	Manufactura	Venta de productos de consumo	Grande	Industria químico- farmacéutica convertidora de papel	PLC, CAD, CNC, PLS, servomotores
ELLY LILLY DE MEXICO	Productos de consumo y farmacéuticos	Manufactura	Producción, ventas	Grande	Industria químico-farmacéutica	Equipo de control avanzado
GENERAL MOTORS	Automotriz	Manufactura (ensambladora)	Producción, diseño, ensamble y ventas	Grande	Automotriz	Equipo de pintura, polarización y pegado de vidrios, montaje de ejes y ruedas
CHRYSLER	Automotriz	Manufactura	Producción, investigación, ensamble y ventas	Grande	Automotriz	Equipo de pintura, polarización y pegado de vidrios, montaje de ejes y ruedas
UNILEVER	Productos de consumo	Manufactura	Investigación, producción y ventas	Grande	Doméstico, químico-farmacéutica	
BASF	Productos de uso industrial y domésticos	Manufactura	Investigación, producción y ventas	Grande	Polímeros, plásticos, vitaminas	Control avanzado/automatizado
URALMEX	Maquinaria para generación de energía	Manufactura	Diseño, planeación, venta y mantenimiento	Mediana	Compañía Federal de Electricidad Luz y Fuerza	Formos y equipo de control numérico
ALCATEL	Sistemas de telecomunicación	Manufactura y servicio	Diseño e instalación de sistemas, Venta	Grande	Telecomunicación	Máquinas de soldado, embo- binado e inserción de componentes electrónicos
TELMEX	Sistemas de telecomunicación	Servicio	Diseño e instalación de sistemas telefónicos	Grande	Comunicación	Equipo de comunicación
COCA COLA	Embotelladora	Producción	Producción y venta	Grande	Doméstico	Máquinas de preparación de jarabe, de lavado y llenado de botellas
TEXTEL	Telas e hilos	Manufactura	Diseño, producción y ventas	Mediana	Automotriz y doméstico	Máquinas de tejido y automa- tización de oficinas

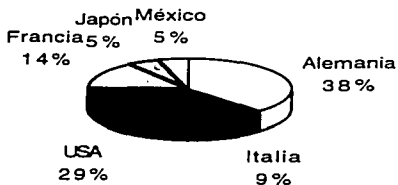
**Tabla Comparativa Entre Empresas en México.
Tendencias Hacia la Automatización.**

COMPANIA	ORIGEN DE LA TECNOLOGIA	SOPORTE TECNOLÓGICO	RECURSOS HUMANOS TECNOLÓGICOS	NIVEL / GRADO DE AUTOMATIZACIÓN	PROYECTOS AUTOMATIZADOS
VESTO	Alemania	Desarrollo y manufactura en Alemania, Suiza, Austria y E.U.A.	Ings. mecánicos y electrónicos	Tecnología de alto nivel	
PROFINASA DE CV	Italia	Maquinaria y capacitación	Ings. industriales y en computación	Semiautomatizada	Total automatización de la planta
BISSIA CRISTELEM	Alemania	Circuitería alemana. Cursos técnicos de empresas de capacitación	Ings. industriales, electrónicos y mecánicos	No hay automatización	Inicio de automatización en algunos procesos
SIEMENS	Alemania	Desarrollo y manufactura	Ings. mecánicos y electrónicos	Tecnología de alto nivel de origen alemán	
PROCTER & GAMBLE	E.U.A., Alemania, Bélgica y Japón	Compra de tecnología, capacitación y desarrollos		Tecnología de vanguardia en automatización	Total automatización de los procesos de producción y control de información
ELLY LILLY DE MEX.		Compra de tecnología, capacitación y desarrollos	Ing. industrial, electrónico, mecánico, sistemas y químico	Semiautomatizada	Instalación de robots para colocación de piezas y transporte
GENERAL MOTORS	E.U.A.	Tecnología y capacitación en E.U.A. y empresas nacionales EDS(Sists), Kepner-Tregoe	Ingenieros mecánicos, eléctricos y electrónicos	Semiautomatizada	Instalación de robots para colocación de piezas y transporte
CHRYSLER	E.U.A.	Compra de tecnología	Ing. mecánicos, eléctricos, electrónicos, industriales	Semiautomatizada	Instalación de robots para colocación de piezas y transporte
UNILEVER	Canada	Compra de tecnología, capacitación y desarrollos	Ing. industrial, electrónico, mecánico, sistemas y químico	Tecnología semiautomatizada, desarrollos de alto nivel	Tendencia hacia la manufactura automatizada
BASF	Alemania	Desarrollo e investigación alemana y mexicana	Ing. industrial, electrónico, mecánico, químicos y de sistemas	Tecnología de alto nivel de origen alemán	Sistemas de manufactura automatizada
TUKALMEX	Francia y Alemania	Equipo de manufactura y capacitación	Técnicos en su mayoría e Ings. mecánicos y eléctricos para supervisión y diseño	Semiautomatizada	Automatización para devanado de bobinas, a largo plazo
ALCATEL	Francia, Italia, Alemania y E.U.A.	Diseño de equipo extranjero, capacitación italiana	Ings. electrónicos, industriales y técnicos (instalación y mantenimiento)	Semiautomatizada	Ningún proyecto de automatización
TELMEX	E.U.A. y Francia	Equipo y capacitación	Ings. electrónicos y en computación	Automatizada	Automatización total de los sistemas de redes de comunicación
COCA-COLA	Alemana ensamblada en E.U.A.	Capacitación en Alemania para análisis de calidad	Ings. en supervisión y producción Ing. de control	Automatizada, (excepto en chequeo de botellas)	
TEXTEL	México	Tecn. de sistemas en E.U.A.	Ing. en comunicaciones, sistemas y electrónicos	Semiautomatizada	Interconectar la maquinaria con las computadoras

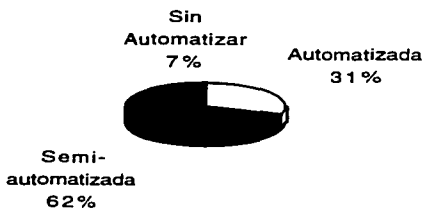
Tipo de Industrias en México



Origen de la Tecnología



Grado de Automatización



Tendencias de la Industria Mexicana.

Las tendencias más marcadas dentro de la industria en México son dos principalmente: la primera es la que presentan industrias de gran escala, las empresas transnacionales y las que poseen grandes inversiones de capital que se enfocan en alcanzar altos grados de automatización a manera de reducir el volumen de mano de obra requerido. La segunda es la que presentan las industrias medianas y pequeñas, las cuales basan sus procesos y desarrollos de manufactura en la mano de obra calificada y barata.

Se han identificado causas comunes en el atraso y lentitud hacia la automatización:

- Altos costos.
- Falta de conocimiento y profundización en las nuevas tecnologías, sus aplicaciones y ventajas.
- Reducida oferta de profesionales con alta capacidad y conocimiento de las nuevas tendencias de la tecnología. Por esto no existe el alcance de los empresarios de dichas industrias, las aplicaciones, desarrollos y proyectos que posibilitarían el mejoramiento de la eficiencia y confiabilidad de los procesos.

Las primeras tienen ya contemplados proyectos hacia la automatización total de los procesos de manufactura. Esto implica grandes cambios desde el punto de vista de sistemas, estandarización y control de procesos en las esferas presentes y futuras de alta tecnología, robotización y uso de la inteligencia artificial.

Necesidades de la Industria Mexicana.

La industria actual se enfrenta a constantes retos y presiones hacia la productividad. La reducción de costos de manufactura, el reducido flujo de efectivo, la estandarización de los procesos hacia la calidad total y la creciente necesidad por la automatización ha dejado muy claro en la alta gerencia la necesidad de profesionales con capacidad y habilidades para el efectivo diseño, planeación, implementación, capacitación, construcción, manejo, mantenimiento y mejora de nuevos proyectos de manufactura. De la misma manera algunos de estos profesionales requieren de preparación a nivel gerencial y administrativo para dar dirección y enfoque a las industrias de hoy y el mañana.

Tendencias Tecnológicas de la Automatización.

Las principales tecnologías utilizadas por la industria mexicana son: PLC's, servo motores, redes, fábricas y edificios inteligentes, procesos de auto-corrección, control estadístico de calidad en línea, etc.

Opinión de los Directivos en México en cuanto a la Ingeniería Mecatrónica.

Dentro del ámbito de los empresarios y directivos de empresas hay claro conocimiento de la necesidad de profesionistas que dominen las tecnologías y procesos de vanguardia mundiales. Sin embargo el conocimiento relacionado a la Ingeniería Mecatrónica, sus áreas de aplicación y sus ventajas es casi nulo en la generalidad de los ingenieros.

Cuando el concepto mecatrónico es clarificado, inmediatamente surge un interés grande por las bondades del mismo y la manera de cómo integrar la mecatrónica en los desarrollos industriales.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Resultados y Conclusiones de las Entrevistas a Empresas en México.

México presenta grandes oportunidades de desarrollo en el campo de la mecatrónica ya que así como es necesario que los industriales entiendan el concepto y las ventajosas aplicaciones de la mecatrónica, de la misma manera es necesario que cada día más profesionistas entiendan y se preparen en el campo mecatrónico a manera de empujar los desarrollos dentro de la industria que más eficientemente se adecúen a los procesos productivos requeridos para la competencia internacional.

CAPÍTULO V

ESTUDIO, ANÁLISIS, PROPUESTA Y CONCLUSIONES

CAPÍTULO QUINTO ESTUDIO, ANÁLISIS, PROPUESTA Y CONCLUSIONES

V.I Método Utilizado para el Desarrollo de la Tesis.

Pasos Utilizados:

- Colección de información de las embajadas de Canadá, Estados Unidos de América, Japón y Reino Unido para identificar a las universidades que tenían integrada a carreras de Ingeniería algunos módulos o materias de mecatrónica.
- Definición del trabajo a realizar. Elementos a investigar de la información existente: filosofía y aspectos mecánicos y electrónicos de la mecatrónica, datos, información y tendencias de la automatización y la robótica, aplicaciones de microprocesadores para procesos mecánicos automatizados y máquinas de control numérico entre otras.
- Identificación de direcciones de las universidades de nuestro interés para pedir información relacionada con la mecatrónica y sus materias, contenidos, laboratorios, equipos, prácticas y fuentes de información.
- A través del CONACYT se accesoron bancos de información para recabar títulos de publicaciones, conferencias, revistas, congresos y libros relacionados con la mecatrónica.
- Se utilizaron los servicios del CICH para obtener la información que se requería para la elaboración de este trabajo.
- Aprovechando los datos del CONACYT se mandaron cartas a intelectuales, investigadores e ingenieros relacionados a la ingeniería mecatrónica, solicitando información, artículos y referencias al detalle.
- Con las listas recomendadas de libros se adquirieron y consultaron publicaciones de alto interés en los temas requeridos.
- Algunos autores acompañaron la información requerida con libros.
- Se realizó una encuesta a la industria mexicana para detectar la situación en la que se encuentra la automatización a nivel nacional y las necesidades que enfrenta ésta a nivel de personal calificado.
- De los pasos anteriores se inició el largo proceso de revisión, traducción, análisis, clasificación, integración y desarrollo de las tendencias y fundamentos de la Ingeniería Mecatrónica, desde el surgimiento en Japón, pasando por su desarrollo, diversificación en Europa y América, hasta la identificación de fuertes influencias que ha originado en las corrientes tecnológicas actuales de la industria moderna mundial.

Criterios y Puntos Importantes a Destacar en el Trabajo de Investigación y Propuesta:

- Factor crítico para el desarrollo de este trabajo fue la ausencia de información relativa a mecatrónica en México y otros países.
- Se trabajó arduamente en la integración de visiones, tendencias y conceptos de diferentes escuelas e investigadores en el mundo sobre la mecatrónica.
- Se fundamentó nuestra propuesta en la historia, diversificación, desarrollo y aplicaciones actuales de la mecatrónica.
- Se visualizó la necesidad de integrar una propuesta mecatrónica para el desarrollo de ingenieros capaces de fomentar e influir en la industria mexicana.
- Profundizamos en las necesidades educativas de los futuros ingenieros mecatrónicos.
- Utilizamos el modelo universitario de la Facultad de Ingeniería de la UNAM para el desarrollo e implementación de una propuesta de carrera.
- Clarificamos e identificamos las tendencias, necesidades, productos y procesos mecatrónicos que forman parte del desarrollo de la manufactura e industria automatizadas de México y el mundo, sin dejar a un lado la automatización de la oficina y el hogar, también de gran importancia.

- Conocimos, investigamos y profundizamos en el entorno de la industria mexicana que tiende hacia la automatización y la que prefiere seguir con los antiguos modelos de manufactura tradicionales.

Propuesta formal de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Para el desarrollo de esta propuesta se utilizaron como punto de partida áreas específicas de las ciencias relativas a la ingeniería como son: la física, química, matemáticas y computación. Sin dejar a un lado las humanidades.

Por otro lado se hizo un estudio en base a las materias impartidas por otras universidades nacionales en áreas o carreras afines a la ingeniería mecatrónica, detectando que en la actualidad en nuestro país la única universidad que ofrece la posibilidad de cursar estudios en la carrera de Ingeniería Macatrónica es la Universidad Anahuac. No por esto se menosprecian los grandes esfuerzos de algunas universidades mexicanas por desarrollar propuestas alternativas a la Ingeniería dentro del ámbito mecatrónico.

Para completar nuestro estudio y posicionar nuestra propuesta a nivel internacional se analizaron y estudiaron propuestas mecatrónicas (carreras, módulos, maestrías y especializaciones) de universidades extranjeras, en países como Escocia, Inglaterra, Japón, Dinamarca, Alemania, Bélgica y Estados Unidos de América.

Esta propuesta no tiene la intención de desplazar a ninguna otra, simplemente plantea una nueva opción dentro del panorama ingenieril enfocado a todas las nuevas tendencias de la tecnología robótica, de automatización y de control de procesos de manufactura.

Principios Clave Para la Definición de Nuestra Propuesta:

- Hemos considerado un módulo de Ciencias Básicas, un módulo de Ciencias de Ingeniería y el correspondiente a las asignaturas de Ingeniería Aplicada, apoyados siempre por asignaturas de Ciencias Sociales y Humanidades.
- Las materias de nivelación previas a la carrera se dan por hecho y no se consideran en nuestra propuesta.
- Se busca la seriación y un orden ascendente de conocimientos y habilidades.
- Se robusteció la carrera con un alto nivel de conocimientos en siete líneas curriculares.
- El estudiante cursará una materia de especialización introductoria a cada uno de los módulos, para así tener los conocimientos suficientes para la elección de éste.
- Para los módulos de salida alternativos el estudiante cursará 2 materias obligatorias y 3 optativas de cualquiera de los módulos debiendo sumar como mínimo 40 créditos en total.
- Se cumple con los requerimientos del CIEES.

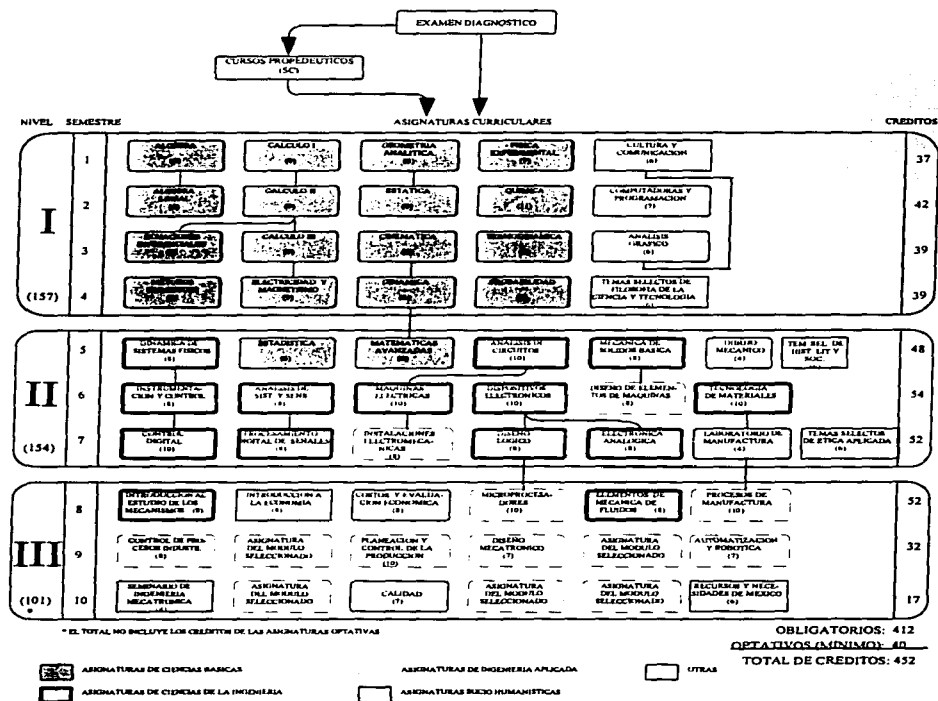
HORAS TOTALES DE CLASES DE TEORIA Y LABORATORIO PARA UN PROGRAMA DE INGENIERIA

AREA	NÚMERO MÍNIMO DE HORAS
CIENCIAS BASICAS Y MATEMATICAS	800 horas
CIENCIAS DE LA INGENIERIA (INGENIERIA BASICA)	900 horas
INGENIERIA APLICADA	400 horas
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES	300 horas
OTROS CURSOS	200 horas

V.2 Propuesta para el Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Mecatrónico.

A continuación se presenta nuestra propuesta, que incluye el plan de estudios, junto con los temarios de las materias que la integran y la lista de asignaturas con los créditos y horas que la conforman.

PROPUESTA PARA EL PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO MECATRONICO DIAGRAMA DE PRECEDENCIA DE ASIGNATURAS DE ACUERDO A LA CLASIFICACION FACULTAD DE INGENIERIA. U.N.A.M.



INGENIERIA MECATRONICA

PLAN DE ESTUDIOS

OTRAS ASIGNATURAS
Computadoras y Programación
Análisis Gráfico
Dibujo Mecánico
Laboratorio de Manufactura
Costos e Ingeniería Económica
Calidad
6

CIENCIAS BÁSICAS			
FISICA	QUIMICA	MATEMS.APLICADAS	MATEMATICAS
Física 1		Métodos Numéricos 1	Cálculo 3
Mecánica 3		Probabilidad 1	Matemáticas Avanzadas 1
Electricidad y Magnetismo 1	Química 1	Estadística 1	Algebra 2
Termodinámica 1			Geometría Analítica 1
			Ecuaciones Diferenciales 1
	1	3	8

CIENCIAS DE INGENIERIA						
LINEAS CURRICULARES						
Sistemas	Industria	Materiales	Electrónica	Mecánica	Sistemas y Señales	Instalaciones y Control
1	2	4	4	2	3	3

INGENIERIA APLICADA		
MODULOS DE SALIDA ALTERNATIVOS		
Automatización y Robótica	Diseño Mecatrónico	Control de Procesos e Instalaciones Industriales
SEMINARIO DE INGENIERIA MECATRONICA		

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
Cultura y Comunicación
Introducción a la Economía
Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y Tecnología
Temas Selectos de Ética Aplicada
Temas Selectos de Historia, Literatura y Sociedad
Recursos y Necesidades de México
6

Materias para la Propuesta de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

AREA	MATERIAS	Tipo	Hr. T.	Hr. P.	Crdts
Manufactura v Materiales	Tecnología de Materiales	C	4	2	10
	Procesos de Manufactura	A	4	2	10
Mecánica	Mecánica de Sólidos Básica	C	4	0	8
	Diseño de Elementos de Máquinas	A	4	0	8
	Introducción al Estudio de los Mecanismos	C	4	0	8
Procesos e Instalaciones	Elementos de Mecánica de Fluidos	C	4	0	8
	Análisis de Circuitos	C	4	2	10
	Máquinas Eléctricas	C	4	2	10
Sistemas y Señales	Instalaciones Electromecánicas	A	4	0	8
	Análisis de Sistemas y Señales	C	4	0	8
Electrónica	Procesamiento Digital de Señales	C	4	0	8
	Dispositivos Electrónicos	C	4	2	10
	Diseño Lógico	C	4	0	8
Instrumentación y Control	Microprocesadores	A	4	2	10
	Electrónica Analógica	C	4	0	8
	Dinámica de Sistemas Físicos	C	4	0	8
Sistemas Industriales	Instrumentación y Control	C	4	0	8
	Control Digital	C	4	2	10
	Planeación y Control de la Producción	A	4	2	10
Especialización	Diseño Mecatrónico	A	3	1	7
Especialización	Control de Procesos Industriales	A	4	0	8
Especialización	Automatización y Robótica	A	3	1	7

MODULO	MATERIAS	Tipo	Hr. T.	Hr. P.	Crdts
Control de Procesos Industriales	Máquinas Térmicas e Hidráulicas	M	4	2	10
	Diseño de Equipos de Proceso	M	4	0	8
	Ing. Procesos Industriales	M	4	0	8
	Química Aplicada	M	3	1	7
	Dinámica de Fluidos	M	4	0	8
Diseño Mecatrónico	Temas Selectos del Módulo	M	4	0	8
	Amplif. de Señ. y Electrón. de Potencia	M	4	2	10
	Diseño de Sist. con Microprocesadores	M	4	2	10
	Robótica	M	4	2	10
	Reconocimiento de Patrones	M	4	0	8
Automatización y Robótica	Programación Aplicada #C	M	4	0	8
	Temas Selectos del Módulo	M	4	0	8
	Diseño y Manuf. Asistida por Comp.	M	4	0	8
	Sistemas de Manufactura Flexible	M	4	0	8
	Diseño de Sistemas Productivos	M	4	0	8
	Ingeniería del Producto	M	4	0	8
	Planeación Estratégica	M	4	0	8
	Temas Selectos del Módulo	M	4	0	8

Materias para la Propuesta de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

BASICAS	MATERIAS	Tipo	Hr. T.	Hr. P.	Crdts
	Algebra	B	4.5	0	9
	Cálculo I	B	4.5	0	9
	Geometria Analítica	B	3	0	6
	Física Experimental	B	2.5	2	7
	Algebra Lineal	B	3	0	6
	Cálculo II	B	4.5	0	9
	Estática	B	4.5	0	9
	Química	B	4.5	2	11
	Ecuaciones Diferenciales	B	4.5	0	9
	Cálculo III	B	4.5	0	9
	Cinemática	B	3	0	6
	Termodinámica	B	4	1	9
	Métodos Numéricos	B	4.5	0	9
	Electricidad y Magnetismo	B	4	1	9
	Dinámica	B	3	0	6
	Probabilidad	B	4.5	0	9
	Estadística	B	3	0	6
	Matemáticas Avanzadas	B	3	0	6

SOCIO HUMANISTICAS	MATERIAS	Tipo	Hr. T.	Hr. P.	Crdts
	Cultura y Comunicación	SOC	3	0	6
	Temas Sel. de Filos. de la Cienc. y Tecnol.	SOC	3	0	6
	Temas Sel. de Hist., Literatura y Sociedad	SOC	3	0	6
	Introducción a la Economía	SOC	4	0	8
	Temas Selectos de Ética Aplicada	SOC	3	0	6
	Recursos y Necesidades de México	SOC	3	0	6

OTRAS	MATERIAS	Tipo	Hr. T.	Hr. P.	Crdts
	Computadoras y Programación	O	2.5	2	7
	Análisis Gráfico	O	1.5	3	6
	Dibujo Mecánico	O	0	4	4
	Laboratorio de Manufactura	O	0	4	4
	Costos y Evaluación Económica	O	4	0	8
	Calidad	O	3	1	7

TEMARIO DE LAS MATERIAS PARA LA PROPUESTA DE LA CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA.

PRIMER SEMESTRE

Algebra. Números Reales. Números Complejos. Polinomios. Sistemas de Ecuaciones Lineales. Matrices y Determinantes. Estructuras Algebraicas.

Cálculo I. Funciones. Límites y Continuidad. La Derivada y Algunas de sus Aplicaciones. Variación de Funciones. Sucesiones y Series.

Geometría Analítica. Sistemas de Referencia. Algebra Vectorial. El Punto y la Recta en Tres Dimensiones. Curvas. El Plano. Superficies.

Física Experimental. Física e Ingeniería. Conceptos Básicos de Metrología. Dinámica. Fluidos. Termodinámica. Electromagnetismo. Ondas. Óptica Geométrica. Sistemas de Unidades.

Cultura y Comunicación. Introducción. Diversas Formas de Comunicación. Las Bellas Artes. La Reseña como Transmisión Objetiva de un Juicio. Importancia de la Cultura en la Formación Integral del Ingeniero.

SEGUNDO SEMESTRE

Algebra Lineal. Espacios Vectoriales. Espacios con Producto Interno. Transformaciones Lineales.

Cálculo II. Las Integrales Definida e Indefinida. Métodos de Integración y Aplicaciones. Funciones Logaritmo y Exponencial. Funciones Escalares de Dos o más Variables. Derivación y Diferenciación de Funciones Escalares de Dos o más Variables.

Estática. Fundamentos de la Mecánica Clásica. Conceptos Básicos de la Estática. Estudio de los Sistemas de Fuerzas. Diagramas de Cuerpo Libre. Fricción. Primeros Momentos y Centroides de Superficies Planas. Equilibrio de Sistemas de Fuerzas y de Cuerpos.

Química. Introducción a la Química y a la Estructura Atómica. Fuerzas Interatómicas e Intermoleculares. Clasificación de los Elementos. Fórmulas, Composiciones y Ecuaciones Químicas. Termodinámica y Equilibrio Químicos. Electroquímica. Introducción a la Química Orgánica.

Computadoras y Programación. Conceptos Básicos de Computación. Componentes y Funcionamiento de las Computadoras. Metodología de la Programación Estructurada. Metodología de la Programación Orientada a Objetos.

TERCER SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales. Ecuaciones Diferenciales. Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden. Ecuaciones Diferenciales Lineales. Sistemas de Ecuaciones Diferenciales Lineales. Transformada de Laplace. Introducción a las Ecuaciones en Derivadas Parciales.

Cálculo III. Extremos Para Funciones de Dos o más Variables. Funciones Vectoriales. Integrales de Línea. Integrales Múltiples.

Cinemática. Cinemática del Punto. Cinemática de la Recta. Cinemática del Punto y de la Recta Relacionadas. Movimiento Relativo. Cinemática del Cuerpo Rígido. Centros de Masa y Momentos de Inercia de Cuerpos Rígidos.

Termodinámica. Conceptos Fundamentales y la Ley Cero de la Termodinámica. La Primera Ley de la Termodinámica. Propiedades de las Sustancias Puras. El Balance de Energía. Aplicaciones de la Primera Ley de la Termodinámica. La Segunda Ley de la Termodinámica.

Análisis Gráfico. Fundamentos Para el Análisis Gráfico. Análisis Tridimensional. Proyecciones Multiplanares e Isométricos. Normalización de Dibujo Técnico. Dibujo con Computadora.

CUARTO SEMESTRE

Método Numéricos. Aproximación Numérica y Errores. Solución Numérica de Ecuaciones Algebraicas y Transcendentes. Solución Numérica de Sistemas de Ecuaciones Lineales. Interpolación. Derivación e Integración Numéricas. Solución Numérica de Ecuaciones y

Sistemas de Ecuaciones Diferenciales. Solución Numérica de Ecuaciones en Derivadas Parciales.

Electricidad y Magnetismo. Campo Potencial y Eléctricos. Capacitancia y Dieléctricos. Circuitos Eléctricos. Magnetostática. Inducción Electromagnética. Propiedades Magnéticas de la Materia.

Dinámica. La Dinámica de la Partícula Aplicando Ecuaciones de Movimiento. Trabajo y Energía e Impulso y Cantidad de Movimiento en la Dinámica de la Partícula. Dinámica de Sistemas de Partículas. La Dinámica del Cuerpo Rígido con Movimiento Plano. Aplicando Ecuaciones de Movimiento. Trabajo y Energía e Impulso y Cantidad de Movimiento en la Dinámica del Cuerpo Rígido.

Probabilidad. Conceptos Básicos. Fundamento de la Teoría de la Probabilidad. La Variable Aleatoria. Variables Aleatorias Conjuntas. Modelos Analíticos de Fenómenos Aleatorios Discretos. Modelos Analíticos de Fenómenos Aleatorios Continuos.

Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y de la Tecnología. Introducción. Ciencia ¿Para Qué? Tecnología ¿Para Qué? Ciencia. Tecnología y Progreso. Ciencia, Tecnología y Trabajo. Ciencia, Tecnología y Población. Ciencia, Tecnología y Comunicación.

QUINTO SEMESTRE

Dinámica de Sistemas Físicos. Características Dinámicas de los Sistemas Físicos. Modelado de Sistemas Físicos. Respuesta en Frecuencia de Sistemas Continuos y Discretos. Análisis de Sistemas de Tipo Continuo y Discreto Mediante Variables de Estado. Introducción a los Procesos Estocásticos. Sistemas no Lineales. Prácticas de Laboratorio.

Estadística. La Importancia de la Estadística en la Investigación. Principios de la Técnicas de Muestreo. Estadística Descriptiva. Conceptos Básicos de la Inferencia Estadística. Distribuciones Muestrales. Estimación Puntual de Parámetros Poblacionales. Estimación de Parámetros por Intervalos de Confianza. Pruebas de Hipótesis. Regresión y Correlación.

Matemáticas Avanzadas. Funciones de Variable Compleja. Análisis de Fourier

Análisis de Circuitos. Sistemas Eléctricos. Respuesta de Circuitos en Estado Senoidal Permanente. Métodos Generales de Análisis de Redes. Bipuertos. Teorema de Redes. Circuitos Resonantes. Prácticas de Laboratorio.

Mecánica de Sólidos Básica. Concepto de Fuerza Axial, Cortante, Momento Flexionante y Cálculo de Vigas. Análisis de Esfuerzo, Análisis de Deformación. Elementos Sujetos a Torsión. Esfuerzos por Flexión en Vigas. Esfuerzos Constantes en Vigas. Esfuerzos Combinados. Transformación de Esfuerzos y Deformaciones.

Dibujo Mecánico. Clasificación de los Dibujos. Elementos Auxiliares para el Dibujo Mecánico. Tolerancias y Ajustes. Dibujo en el Diseño Mecánico. Dibujo Auxiliado por Computadora. Dibujo en la Manufactura. Dibujo en el Proyecto de Ingeniería.

Temas Selectos de Historia, Literatura y Sociedad. Introducción. ¿Qué es la Literatura? Historia y Literatura. Dos Formas de Contar: Diferencias y Semejanzas entre Realidad y Ficción. La Literatura como Empresa Individual, como Reflejo de una Sociedad. Ingeniería y Literatura. Dos Formas de Construcción.

SEXTO SEMESTRE

Instrumentación y Control. Introducción. Medición de Variables Físicas. Conceptos Básicos de Control. Controladores y Modelos Matemáticos. Criterios de Estabilidad en el Control y Conceptos Básicos de Control Digital.

Análisis de Sistemas y Señales. Introducción. Clasificación de Señales. Representación de Sistemas en el Tipo Continuo. Análisis de Fourier en el Tiempo Continuo. Representación de Sistemas en el Tiempo Discreto. Introducción al Análisis de Fourier en el Tiempo Discreto. Prácticas de Laboratorio.

Maquinas Eléctricas. Máquinas de Corriente Directa. Transformadores. Motores de Inducción. Máquinas Síncronas.

Dispositivos Electrónicos. Introducción. Conceptos de Física de Semiconductores. El Diodo Semiconductor y Modelos. El Transistor de Efecto de Campo (FET). El Transistor Bipolar de

Juntura (TBJ). El Amplificador Operacional (AO). Reguladores de Tensión. Otros Dispositivos.

Diseño de Elementos de Maquinas. Diseño de Ejes de Transmisión. Diseño de Resortes y Muelles. Diseño de Engranajes. Diseño de Transmisiones Flexibles. Diseño de Embragues y Frenos de Fricción. Cálculo y Selección de Rodamientos. Impacto. Uniones.

Tecnología de Materiales. Nociones Sobre la Estructura de los Materiales. Introducción al Comportamiento Mecánico de los Materiales. Diagramas de Equilibrio y su Interpretación. Metales y Aleaciones de Uso de Ingeniería. Materiales NoMetálicos

SEPTIMO SEMESTRE

Control Digital. Conceptos Generales. Equivalentes Discretos a Partir de Funciones de Transferencia Continuas. Sistemas de Datos Muestreados. Diseño de Sistemas de Control Digital a Partir de Funciones de Transferencia Discretas. Diseño de Sistemas de Control Digital Empleando la Representación de Variables de Estado. Realización de Sistemas de Control Digital.

Procesamiento Digital de Señales. Principios Fundamentales. Aplicaciones del Procesamiento Digital de Señales en Telecomunicaciones. Procesamiento Digital de Voz. Procesamiento Digital de Imágenes.

Instalaciones Electromecánicas. Instalaciones Eléctricas. Iluminación. Pararrayos. Instalaciones Hidráulicas. Instalaciones Sanitarias. Protección Contra Incendio. Instalaciones Especiales. Coordinación. Instalaciones Mecánicas.

Diseño Lógico. Sistemas de Numeración. Códigos. Algebra Boleana y Computas. Minimización. Familias Lógicas. Circuitos Combinacionales. Circuitos Secuenciales. Memorias.

Electrónica Analógica. El Amplificador Operacional. Amplificadores Especiales. Comparadores. Osciladores. Funciones no Lineales. Mallas de Fase Encadenada.

Laboratorio de Manufactura. Introducción. Mediciones Mecánicas. Tecnología de la Fundición. Procesos de Ensamble Mediante Soldadura. Trabajo con Lámina. Operación de Máquinas Herramientas. Introducción a la Programación de Máquinas de Control Numérico. Fabricación con Plásticos.

Temas Selectos de Ética Aplicada. Introducción. Ética ¿Por Qué? Los Valores. Ética. Libertad e Ingeniería. Códigos de Ética Profesional. Estudio de Casos.

OCTAVO SEMESTRE

Introducción al Estudio de los Mecanismos. Cinemática del Cuerpo Rígido y Generalidades Sobre Mecanismos. Análisis de Mecanismos con Pares Inferiores. Síntesis de Mecanismos con Pares Inferiores. Análisis y Síntesis de Mecanismos con Pares Superiores. Trenes de Engranajes.

Introducción a la Economía. Introducción. Introducción al Sistema de Precios. Macroeconomía. Contabilidad Nacional. Política Macroeconómica. Historia de los Sistemas Económicos. Sistemas Económicos Alternativos.

Costos y Evaluación Económica. Introducción a los Sistemas de Costos y Evaluación Económica. Conceptualización y Fundamentos de Costos en Ingeniería de Producción. Técnicas de Evaluación Económica.

Microprocesadores. Introducción a los Microprocesadores y Microcomputadores. Estructura de un Microcomputador. Estructura de los Elementos de Memoria. Introducción a la Programación de Microprocesadores. Programación del Microprocesador. Interfase de Microcomputadoras con Dispositivos Externos. Comunicación Serie Asíncrona y Síncrona. Comunicación Paralelo. Aplicaciones de los Microprocesadores.

Elementos de Mecánica de Fluidos. Introducción. Cinemática de Fluidos. Ecuaciones de Conservación en Forma Integral. Estática de Fluidos. Análisis Dimensional. Flujo de Tuberías. Flujo Compresible Unidimensional.

Procesos de Manufactura. Introducción. Materiales. Formado de Metales Sin Arranque de Viruta. Unión de Metales. Formado de Materiales no Metálicos. Mediciones y Control de

Calidad. Corte de Metales y Geometría de las Herramientas. Formado de Metales con Arranque de Viruta. Automatización. Maquinas Transfer y Control Numérico.

NOVENO SEMESTRE

Control de Procesos. Elementos Básicos de Control de Procesos. Control de Procesos Industriales Elementales. Características Dinámicas de los Procesos Industriales. Acciones de Control. Selección de Elementos Finales de Control. Análisis y Modelado del Lazo de Control Simple de Variables Comunes. Aplicaciones.

Planeación y Control de Producción. Introducción. Programación y Control de la Producción. Balanceo de Líneas. Sistemas de Administración de Inventarios. Logística. Producción Asistida Por Computadora.

Diseño Mecatrónico. Introducción. Metodología en el Desarrollo de Productos. Microprocesadores. Sensores. Actuadores e Interfaces Hombre-Máquina. Sistema Mecánico.

Automatización y Robótica. Fundamentos. Elementos de Automatización. Neumática e Hidráulica. Fundamentos de Robótica. Aplicaciones de la Robótica. Redes de Computadoras. Aspectos Sociales de la Automatización.

DECIMO SEMESTRE

Calidad. Evolución Histórica y Situación Actual. Marco Normativo. Procesos Para La Solución de Problemas. Muestreo de Aceptación. Control Estadístico de Procesos. Elementos de un Sistema de Calidad. Estudio de Casos.

Recursos y Necesidades de México. Introducción. Desarrollo y Subdesarrollo. Recursos Naturales e Historia de México. Infraestructura. Desarrollo Agropecuario. Desarrollo Industrial. Características Socioeconómicas de México. La Situación Política de México. Planeación Social Económica y Política. La Misión del Ingeniero en el Contexto Social Económico y Político.

Seminario de Ingeniería Mecatrónica. Definición del problema. Métodos Alternativos. Aplicación del Método Elegido. Resultados. Discusión de Resultados. Conclusiones.

MODULOS

CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES.

Máquinas Térmicas e Hidráulicas. Introducción. Flujo de Fluidos. Máquinas Generatrices. Máquinas Motrices. Motores de Combustión Interna. Principios Básicos de Neumática.

Diseño de Equipo de Proceso. Introducción. Consideraciones del Diseño. Modelación. Modelación del Equipo Térmico. Sistemas Auxiliares. Evaluación Económica.

Técnicas Modernas de Automatización. Fundamentos. Neumática. Electroneumática. Controladores Lógicos Programables. Sensores Industriales. Técnicas de Control y Automatización con Sensores. Actuadores y Procesadores.

Ingeniería de Procesos Industriales. Introducción a la Ingeniería de Procesos. Operaciones con Transferencia de Momentum. Operaciones con Transferencia de Calor. Operaciones con Transferencia de Masa. Selección de Materiales de Construcción para Equipo en la Industria. Diagramas de Flujo de Proceso. Análisis de Procesos Tipo en la Industria. Análisis de Diagramas.

Química Aplicada. Química del Carbono. Usos Industriales del Hidrógeno. Oxígeno. Nitrógeno y Fósforo. Usos Industriales de los Halógenos. Azufre y Gases Nobles. Agua, Tipos de Agua. Usos Industriales y Recuperación. Polímeros. Bioquímica.

Dinámica de Fluidos. Introducción. Ecuaciones de Movimiento en Forma Diferencial. Flujos Viscosos. Flujo Irrotacional Bidimensional. Flujos Externos.

DISEÑO MECATRÓNICO.

Electrónica de Potencia y Amplificación de Señales. Dispositivos Electrónicos de Control de Potencia. Circuitos de Conmutación Natural. Circuitos de Conmutación Forzada. Aplicaciones de la Electrónica de Potencia. Polarización. Amplificadores de Señal Pequeña. Amplificadores Realimentados. Respuesta en Frecuencia. Amplificadores de Potencia.

Diseño de Sistemas con Microprocesadores. Aplicación de los Microprocesadores. Nuevas Arquitecturas de Microcomputadoras. Diseño de Sistemas con Microprocesadores. Diseño Sistemático. Sistemas con Múltiples Microprocesadores. Microprocesadores en Rebanadas (Bit Slice).

Robótica. Introducción. Análisis de Movimiento y Accionadores. Cinemática Espacial. Cinemática Inversa. Dinámica de Manipuladores. Sistemas de Control y Sensores. Lenguajes de Programación y Sistemas.

Reconocimiento de Patrones. Conceptos Básicos de Reconocimiento de Patrones. Funciones de Decisión. Clasificación de Patrones por Medio de Funciones de Distancia. Clasificación de Patrones por Medio de Funciones "Likelihood". Clasificación de Patrones Usando Algoritmos Adaptables. Reconocimiento de Patrones Sintácticos. Aplicaciones.

Programación Aplicada #C. Metodología para el Desarrollo de Programas y Sistemas Estructurados. Fortran 77. Elementos de Análisis y Diseño Estructurado.

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

Diseño y Manufactura Por Computadora. Introducción. El Diseño Por Computadora. La Manufactura Mediante Computadora. Control de Operaciones en la Producción. Criterios Para La Automatización del Proceso Productivo.

Sistemas de Manufactura Flexible. Introducción. Máquinas de Control Numérico. Robots. Sistemas Auxiliares. Selección de SMF.

Diseño de Sistemas Productivos. Localización de Planta. Distribución de Planta. Movimiento y Almacenaje de Materiales. Mantenimiento. Instalaciones Auxiliares.

Ingeniería del Producto. La Estructura Empresarial en Torno a la Ingeniería del Producto. Aspectos a Considerar para el Desarrollo del Producto. Análisis de las Partes del Producto. Estatus del Producto. Interacción de la Ingeniería del Producto en el Diseño. Desarrollo e Implantación de Sistemas para Producción. Estudio de Casos de Aplicación.

Planeación Estratégica. Desarrollo Industrial en México. Tendencias del Proceso de Industrialización del País. Planeación del Desarrollo Estratégico: Planteamiento, Escenarios de Contraste para el Desarrollo Empresarial. Planeación Estratégica.

CONCLUSIONES FINALES.

Entorno de la Ingeniería Mecatrónica.

Mediante un minucioso análisis y en base a toda la documentación obtenida se detectaron las tendencias mecatrónicas de la industria y se verificó que esta nueva rama de la ingeniería ha tenido un importante crecimiento dentro de la investigación y desarrollo tecnológicos a nivel nacional y mundial. Observamos como hoy en día es imprescindible la adecuada integración de tecnologías, desde las etapas de diseño, de elementos mecánicos, electrónicos y procesos inteligentes computerizados.

Definiendo el concepto de mecatrónica como la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, con la electrónica de control y las tecnologías de información para el diseño de productos y procesos inteligentes y flexibles, afirmamos que hoy en día debe prevalecer este concepto en todas las actividades de diseño y la manufactura.

La implementación de la mecatrónica es un factor crucial para el éxito de las industrias de manufactura y producto terminado en el actual mercado competitivo, su crecimiento demanda profesionales que dominen los conocimientos y habilidades necesarios para la integración de tecnologías en el diseño y manufactura de productos y sistemas de alta confiabilidad competitiva.

Esta implementación de la mecatrónica en la industria incluye a la automatización industrial, mediante la cual se optimiza, se eficientiza y se convierte cualquier proceso en una actividad flexible y confiable para satisfacer las necesidades del mercado.

Por otra parte varios países europeos, asiáticos y americanos han tomado ya la delantera ofreciendo cursos, maestrías y doctorados en mecatrónica, enfocados al desarrollo del diseño y a la preparación de profesionales con la maestría técnica necesaria para enfrentar los retos del hoy y del mañana en la industria e investigación.

Se detecta en México y el mundo una clara y definida necesidad de profesionales con fuertes habilidades y maestría técnica para el desarrollo de nuevos diseños aplicados e implementados en las industrias competitivas del presente.

La aplicación de la mecatrónica se ha expandido a casi todos los campos de la actividad productiva de un país.

Finalmente podemos afirmar que el concepto de mecatrónica ha sido aceptado mundialmente bajo la misma definición, alcance y aplicaciones, instituyéndose inclusive cátedras específicas de mecatrónica en universidades extranjeras y el mundo industrial lo ha utilizado para integrar nuevas tecnologías a sus procesos de manufactura y hacerlas más eficientes.

Diseño en Mecatrónica.

Concluimos que la metodología de desarrollo de productos tiene tres niveles, relacionados con: estudio de mercado, diseño del producto y proceso de manufactura.

Se dan por sentados que son aspectos del diseño mecatrónico: la definición de especificaciones iniciales; entradas y salidas; funciones, tipo y capacidad del actuador; generación de algoritmos de operación y control; desarrollo de hardware de propósitos especiales y sus circuitos integrados; procesos involucrados en la manufactura y el diseño mecánico-electrónico detallado, todo esto indispensable para un adecuado diseño según las especificaciones del producto a ser fabricado.

Los sistemas mecatrónicos en cuanto al manejo de la información se dividen en aquellos cuyo propósito es la transformación de información y en aquellos que la aplican para el control de energía o procesos de transformación.

Todo desarrollo deberá de considerar un procedimiento de diseño, el cual consta de cinco fases: definición del problema, el concepto de diseño, la estructuración del diseño, la definición del diseño detallado y las pruebas del sistema. A su vez la metodología del diseño queda distinguida en partes mecánicas, electrónicas y de software.

Se entiende la relación esencial de la mecatrónica y la ingeniería de diseño en la definición de especificaciones iniciales, entradas y salidas, funciones, algoritmos, propósitos y procesos que deberán ser ejecutados físicamente en el piso de manufactura del producto.

En todo diseño mecatrónico deberán de analizarse a fondo las estructuras y métodos del diseño que propician un mejor entendimiento de las etapas, fases y metodología que constituyen todo diseño.

Podemos afirmar que solamente profesionales que dominen la interdisciplinariedad y el proceso formal del diseño, siguiendo la metodología explicada en este trabajo, podrán cumplir con las necesidades de cambios rápidos de tecnología que provocan la aparición de innovadores productos con ciclos rápidos de vida, de uso común en los mercados competitivos.

Áreas de Desarrollo y Aplicaciones de la Mecatrónica.

En este capítulo comprobamos que, debido a que la mecatrónica surge de la necesidad de un acercamiento integral para el diseño de sistemas complejos de ingeniería el campo donde más se ha desarrollado es el industrial e involucra directamente a la automatización.

Queda muy claro que las áreas de aplicación pueden concretarse a la automatización de la oficina con procesamiento de información, gráficos, palabra, datos; la automatización del hogar para la integración de la seguridad, entretenimiento y control de energía entre otros; la automatización de la industria con el uso de sistemas integrados por computadora, robots, máquinas de precisión inteligente, visión de máquinas, sistemas de manufactura flexible, etc. y por último también la encontramos aplicada directamente a productos como los que ya hemos mencionado con anterioridad.

Hemos considerado al sector de la industria como el más importante, ya que es aquí donde más se le aplica, además de que este campo tiene un papel único y vital en el sistema económico de un país.

Dentro de la automatización industrial la robótica y la manufactura integrada por computadora adquieren un papel importantísimo ya que representan aspectos muy importantes del desarrollo tecnológico actual. La utilización de estas tecnologías ha aumentado drásticamente, debido a las grandes ventajas que proporcionan como lo son: la reducción en los costos de trabajo, la eliminación de trabajos tediosos y peligrosos y finalmente el mejoramiento de la productividad de la empresa y de la calidad del producto.

Mecatrónica en la Educación.

Es importante señalar que la primera tarea para los educadores es la de difundir y dar a conocer a los ingenieros, en todos los niveles, el término mecatrónica y su importancia y beneficios en el campo de la industria.

A través del minucioso análisis efectuado a las universidades mexicanas conocimos el entorno de la educación en mecatrónica en nuestro país concluyendo que a pesar de que existen un gran número de universidades que imparten dentro de sus facultades carreras de ingeniería, solamente en una universidad existe la carrera de ingeniería mecatrónica, la Universidad Anáhuac y en donde se le da un enfoque al manejo, consultoría y puesta en marcha de la automatización de procesos productivos.

Existen otras universidades que imparten carreras que involucran algunos de los temas que integran a la ingeniería mecatrónica, pero ninguna de ellas abarca en su totalidad a esta nueva disciplina de la ingeniería.

Por todo lo anterior insistimos en afirmar que como responsables del futuro de nuestra educación y formación de nuestros ingenieros mexicanos es realmente necesaria la implantación de la ingeniería mecatrónica en nuestra universidad nacional, debiendo de romper, para este caso, con el tradicional camino seguido por la educación en ingeniería, el cual tiende hacia la especialización. Hemos visto como los departamentos de ingeniería en las universidades han seguido una ruta evolutiva similar, es decir, se han desarrollado hacia

departamentos especializados. Como ya lo hemos indicado anteriormente todo el concepto mecatrónico debe de ser diferente, en lugar de ser una nueva área especializada desarrollándose de una disciplina existente, ésta debe de vincular elementos de áreas existentes. Esto nos habla de que la mecatrónica no puede ser considerada como una nueva especialización, sino como una disciplina integradora, un movimiento que se opone al tradicional estilo de desarrollo académico.

La principal meta de la carrera de Ingeniería Mecatrónica debe ser la de formar al verdadero ingeniero mecatrónico, aquel extraordinario individuo cuyos intereses y habilidades descansan en trabajar, a través de las fronteras disciplinarias, para identificar y usar la particular mezcla de tecnologías que proveerán la más económica, elegante y apropiada solución al problema en análisis y diseño de prototipos aplicables a cualquier campo del desarrollo productivo.

La actividad mecatrónica debe involucrar ingenieros con una visión interdisciplinaria, que busquen la óptima combinación de tecnologías y la utilización de acercamientos alternativos para la solución de problemas.

La tecnología mecatrónica está a la mano, todavía hay tiempo para planear y asegurar una transición razonable del presente al futuro cercano. Todo este proceso debe ser evolutivo más que revolucionario.

Gracias a la información proporcionada por la gente encuestada de la industria mexicana podemos afirmar que a pesar de que un gran número de las industrias ya presentan grados avanzados de automatización, existe otro gran porcentaje que todavía no aplica esta nueva tecnología, debido a dos factores principalmente: el primero es el alto costo de ésta y el segundo es por la carencia de conocimientos suficientes e información necesaria sobre las ventajas y beneficios que les puede proporcionar.

Un punto importante obtenido de nuestra encuesta es que el 95% de las industrias que presentan un alto grado de automatización importan la tecnología del extranjero, al igual que su capacitación y asesoría. Sabemos que un alto grado de dependencia de la tecnología extranjera seguirá existiendo, esto debido al enorme abismo que existe y se acrecenta en este campo, pero también podemos afirmar que la importación de asesoría y capacitación existe en su gran mayoría debido a que en México no contamos con ingenieros capacitados en esta rama. Por lo que estamos obligados a cambiar esta penosa situación a través del mejoramiento y actualización, respecto de las nuevas tecnologías, de la educación que reciban los futuros ingenieros mexicanos.

Programas de grados avanzados en mecatrónica deben ser establecidos para captar estudiantes de alta calidad en un mayor número. El mejoramiento en la calidad y aumento en la cantidad de los ingenieros mecatrónicos, aunado al cambio conceptual dentro de los procesos productivos hacia la automatización son vitales para la salud continua de nuestras industrias de manufactura en México.

Propuesta.

Nuestro plan de estudios propuesto para la carrera de Ingeniería Mecatrónica cumple con el marco de referencia nacional para la evaluación, del Comité de Ingeniería y Tecnología perteneciente a los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior. La propuesta cumple también con lo propuesto por la Facultad de Ingeniería, no rompe con el contexto actual, ya que consta de 5 módulos que se refieren a: Ciencias Básicas, Ciencias de Ingeniería, Ingeniería Aplicada, Otras Asignaturas y Ciencias Sociales y Humanidades.

En el área de Ciencias Básicas las líneas curriculares son: física, química, matemáticas aplicadas y matemáticas. En el módulo de Ciencias de Ingeniería las líneas curriculares son: sistemas industriales, manufactura y materiales, electrónica, mecánica, sistemas y señales, instrumentación y control y procesos e instalaciones. Finalmente dentro del módulo de Ingeniería Aplicada las líneas curriculares son: automatización y robótica, diseño mecatrónico y control de procesos e instalaciones industriales.

Todo este trabajo significa una ardua investigación que tiene como objetivo el mostrar y dar a conocer todo lo existente en Ingeniería Mecatrónica, tanto en el extranjero como en nuestro país y conocer las universidades en las que existen carreras, maestrías y doctorados o centros de investigación, así como las áreas en las que se ha venido desarrollando todo este concepto y lo que implica su adecuada implementación; y finalmente proponemos la metodología del diseño en mecatrónica necesaria para aprovechar al máximo las ventajas que ésta nos ofrece.

Nuestra propuesta es una primera aproximación del plan de estudios y temario para la implantación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en la Facultad de Ingeniería, nos referimos a una primera aproximación ya que a pesar de ser bastante clara pensamos que ésta es perfectible y correspondería a otro trabajo de tesis o trabajo profesional, formalizar la propuesta a fondo para llegar a su versión final.

BIBLIOGRAFIA

MECHATRONICS. Electronics in Products and Processes.
D.A. Bradley, D. Dawson: N.C. Burd y A.J. Loader
Chapman and Hall

A Theoretical Approach to Mechatronic Design.
Jacob Buur
Konstruktionstechnik/DTH

MECHATRONICS: Japans Newest Threat.
V. Daniel Hunt
Chapman and Hall

Standard Handbook of Industrial Automation.
Douglas M. Considine y Glenn D. Considine
Chapman and Hall

Industrial Robot Handbook.
Richard K. Miller
Van Nostrand Reinhold

Computer Integrated Manufacturing.
R.U. Ayres, W. Haywood, M.E. Merchant, J. Ranta, H.J. Warnecke
Chapman and Hall

Mechatronics: Developments in Japan and Europe
Mc Lean Mick
Westport, CT:TECHNOVA
Quorum Books
1983

Publicaciones.
The Mechatronics Curriculum for the Modern Engineer.
G.T. Taylor
I. Mechanical Engineering
1990

Professional Profile Requirements in Innovative SMI's and New Educational Organization
Features: the Case of Mechatronics.
Canzanelli G. Formica P.
Automazione e Strumentazione
vol.38, num. 5, 1990

A Mosaic for Machine Tools.
Steven Ashley
Mechanical Engineering
septiembre 1990

Mechatronics and the Imitation of Nature.
M.J. French
Proceedings of the Institution of Mechatronics Engineers
diciembre 1991

Development of a Mechatronic Learning Facility.
Milne J.S. y Fraser C.J.
Mechatronic System Engineering
vol. 1. 1990

Partners in CIM
Alan J. Laduzinsky
Control Engineering
mayo 1991

Process Control: The CIM Solution.
Michael Valenti
Mechanical Engineering
agosto 1991

Quality-Automation Needs It. CIM Speeds It.
Alan J. Laduzinsky
Control Engineering
junio 1991

Achieving Integration in Engineering Design Education: The Role of Mechatronics.
Bradley, D.A.; Dawson D.
Mechatronics Systems Engineering
junio 1990

Mechatronics Designs Meet Changing Needs.
Institute of Engineering Design, Denmark
Design Engineering
junio 1991

Mechatronics: The Best of Both Worlds.
Richard Simmonds
Electrical Review
enero 1991

Mechatronics in Automated Apparel Manufacture
Taylor, P. y Taylor, G.
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers
Mechatronics: Designing Intelligent Machines
U.K. 1, 1990

Mechatronics Product Development- The Japanese Threat
Jacob Buur
Institute for Engineering Design,
Technical University of Denmark

APÉNDICES.

Apéndice # 1

Cursos y maestrías sobre Ingeniería Mecatrónica impartidos en el extranjero.

Maestría de Mecatrónica en la Universidad de Dundee.

La Universidad de Dundee y el Instituto de Tecnología de Dundee han planeado un curso con estructura modular para postgraduados. El curso comprende un módulo base de 75 horas, el cual comprende los requerimientos de ingeniería, ciencia y computación de los módulos del curso, seguido por ocho módulos especializados de 30 horas, que comprenden microprocesadores y software, sensores, actuadores, principios de control, técnicas de control digital, robótica, aplicaciones mecatrónicas y manejo de nuevas tecnologías, junto con temas administrativos incluyendo planeación de proyectos y control, aspectos financieros y expresión personal.

Para la admisión al curso, los estudiantes deben tener un grado honorario o equivalente en ingeniería o ciencias aplicadas.

El contenido detallado del curso es el siguiente:

Módulo base: con la intención de proveer un repaso de los conceptos relevantes de la filosofía de la mecatrónica, la tecnología de la computación incluye: arquitectura, sistemas operativos y lenguajes. Las matemáticas incluyen transformaciones, geometría sólida, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, operador de Laplace y soluciones numéricas. Electrónica digital con sus puertas lógicas y lógica combinatorial y secuencial. Electrónica analógica que incluye transistores, amplificadores operacionales, filtros, osciladores y fuentes de poder. Electrónica híbrida que se refiere a sistemas analógico-digitales y digital-analógicos. Dimensiones mecánicas que son un repaso de las leyes físicas. Aspectos de precisión incluyendo micromecánica y nanotecnología.

Módulo 2. Microprocesadores y software.

Incluyen tecnologías de 8, 16 y 32 bits. Lenguajes de programación de alto y bajo nivel. Lenguajes de tiempo real. Sistemas desarrolladores de software. Estándares de comunicación serial y paralela. Integración computacional y protocolos de comunicación.

Módulo 3. Sensores.

Principios físicos, características, funciones y costos. Principios de sistemas de instrumentación. Tipos: magnéticos, ópticos, etc. De tipo analógico/digital. Interfase de sensores con sistemas de microcomputadoras. Adquisición de datos y acondicionamiento de señales. Sensores inteligentes, tipos, diseños y características.

Módulo 4. Actuadores.

Principios físicos. Tipos eléctricos, neumáticos e hidráulicos, lineales/rotativos, analógico-digitales, interfase y drivers de poder. Aplicaciones en sistemas de control. Selección y costo.

Módulo 5. Principios de control.

Repaso de la teoría de control lineal, criterios de estabilidad, técnicas y planos de fase. Estrategias de control incluyendo control de PID y controladores de sintonización automática o adaptable. Simulación de sistemas de control por microcomputadoras.

Módulo 6. Técnicas de control digital.

Estrategias directas de control digital: ciclo secuencial y cerrado, transformada Z, técnicas diferenciales finitas, Muestreo digital. Controladores de sintonización. Tipos de controladores: PLC's, rack, SCM, etc. Aplicaciones en sistemas mecatrónicos.

Módulo 7. Robótica.

Introducción a los tipos de robots: su arquitectura, mecanismos, y tenazas. Teoría de transformación axial. Análisis cinemático y dinámico. Programación: fuera de línea y en línea. Simulación, calibración y chequeo.

Módulo 8. Aplicaciones mecatrónicas.

Productos capitales y consumibles. Factores de influencia como selección de material. Los sistemas de aproximación al diseño. Diseño de manufactura y aplicaciones de procesos.

Módulo 9. Dirección y nuevas tecnologías.

Aspectos humanos de la automatización industrial. Ergonomía. Factores económicos. Aseguramiento de calidad y control. Planeación y dirección de proyectos multidisciplinarios. Patentes y leyes de patente. Aspectos de salud y seguridad. Filosofía de la Mecatrónica.

Trabajos prácticos incluyen estudios industriales del tema y un proyecto individual para cada estudiante, que se toma como tesis que ocupa las 23 últimas semanas y comprende una investigación mayor a un aspecto particular de la mecatrónica en el diseño, manufactura y pruebas de una parte del hardware o software.

Las tareas de estos estudios industriales requieren que los estudiantes visiten compañías, preferiblemente en grupos pequeños, para investigar y escribir un reporte profundo sobre una situación particular. Estos reportes pueden ser de valor considerable a las compañías además de proporcionar al alumno material del curso.

Curso Europeo Integrado en Mecatrónica.

Este curso es presentado bajo los auspicios de EC-COMETT, y consta de varios módulos presentados en diferentes países de Europa. A tres años de haber sido creado presenta una serie de módulos para la industria, los cuales juntos proveen un acercamiento amplio a la materia interdisciplinaria de la mecatrónica. El curso ha sido planeado y estructurado como una integración de cinco módulos, para cubrir la mayor parte de los aspectos de la mecatrónica. Cada módulo comprende teoría, laboratorios y visitas a la industria, para proveer a los participantes de la oportunidad de aprender sobre varios de los temas en el salón de clases, participar en demostraciones y experimentos prácticos, además de visitar organizaciones industriales apropiadas que practican actividades mecatrónicas. Los participantes deben tener una educación básica o nivel equivalente en ingeniería o ciencias físicas. Los siguientes 5 cursos son los **módulos que los componen:**

***Curso :Control inteligente de máquinas y procesos industriales. Impartido en la Universidad de Dundee, U.K.**

Los recientes descubrimientos en la tecnología de microprocesadores han producido un requerimiento para la integración de disciplinas para el diseño, manufactura y mantenimiento de maquinaria y procesos inteligentes. Para explotar esta nueva tecnología, la industria requiere ingenieros entrenados en este campo multi-disciplinario, y el curso de Control Inteligente de Maquinas y Procesos Industriales está diseñado para hacer una contribución importante a este entrenamiento.

El curso tiene una duración de tres días y está enfocado a ingenieros con grado en mecánica y producción, nivel HND o HNC, también es de gran importancia para ingenieros electrónicos en software y físicos.

Los participantes de este curso obtendrán experiencia en el diseño de sistemas que utilizan sensores, actuadores y un rango de controladores basados en microprocesadores y en una variedad de aplicaciones mecánicas, eléctricas, neumáticas e hidráulicas.

Programa:

Primer día.

Teoría: *Sensores -1*

Instrumentación, selección de sensores y transmisión e interfase de datos.

Teoría: *Actuadores -1*

Motores de corriente directa (torque y servomotores), motores de paso y sistemas de transmisión.

Teoría: *Controladores industriales*

PLC's, controladores de tiempo real montados en racks, controladores PID, microcontroladores de un solo chip y de un solo tablero. Consideraciones de software.

Demostraciones y casos de estudio

Descripción del diseño y procesos de selección de material/componentes asociados con el desarrollo de uno de los productos con mayor demanda en el mercado.

Segundo día:

Teoría: *Sensores -2*

Medición del desplazamiento, métodos de contacto y no contacto.

Laboratorio -1

Los participantes obtendrán experiencia en el uso de sensores y actuadores con interfase a un rango de controladores industriales.

Visita a NCR Ltd.

NCR es una compañía líder en el campo de automatización de bancos.

Tercer día:

Teoría: *Actuadores -2*

Motores de corriente alterna, nuevos materiales magnéticos.

Teoría: *Diseño mecatrónico*

La filosofía de la mecatrónica, diseño multi-disciplinario, decisiones de diseño, La mecatrónica v la electrónica, el hardware v el software.

Teoría: *Control basado en PC*

La computadora IBM como controlador, tarjetas de interfase y el desarrollo en el software.

Laboratorio -2

Los participantes obtendrán experiencia en el uso de las PC's para varias adquisiciones de datos y aplicaciones de control.

***Curso: Inspección Automática para la Calidad en Ingeniería de Manufactura.**
Impartido en la Universidad de Brunel, UK.

Las máquinas modernas de inspección automática emplean una configuración óptima de elementos mecánicos, electrónicos y ópticos, para de esta manera ejecutar rápidas y seguras mediciones de un componente manufacturado. Un conocimiento básico de los componentes, subensambles y transductores será proporcionado, además de que se impartirán los detalles para la realización de tal equipo y sus áreas de aplicación. Se tendrá la oportunidad de trabajar con maquinaria en laboratorios recientemente equipados. Conferencistas invitados de diferentes industrias contribuyen con la realización del curso.

***Curso: Desarrollo de Productos Integrados.**
Impartido en la Universidad de Lyngby, Dinamarca.

La creciente presión en el desarrollo y entrega de nuevos productos que contienen una integración compleja de la electrónica y la mecánica, hacen necesario el reto para desarrollar productos electromecánicos. El módulo del curso ofrece:
Nuevas aproximaciones a la gerencia de proyectos, al diseño de productos y a los aspectos de producción en mecatrónica. El cómo manejar la integración de mercado, ventas y producción con las diferentes tecnologías expertas en el desarrollo de productos. Nueva penetración al papel del diseñador y al impacto de las actividades de diseño en la producción, calidad, servicio, ventas, etc.
Está dirigido a gerentes de producción, ingenieros y diseñadores que están a cargo del desarrollo de productos electromecánicos.

***Curso: Movimiento Controlado por Computadora y Robótica.**
Impartido en la Universidad de Leuven, Bélgica.

El curso está enfocado a dar a los ingenieros mecánicos y electrónicos un conocimiento práctico de las técnicas modernas de ayuda por computadora para el diseño de sistemas controlados por computadora. Ejemplos prácticos y casos de estudio son trazados desde los sistemas de control de movimiento como aparecen en las máquinas herramienta, robots, vehículos guiados automáticamente, etc.
La aproximación al diseño de control se está presentado de una manera genérica, así que los participantes son capaces de aplicar las técnicas a sus situaciones particulares.

***Curso: Manufactura Flexible Automatizada.**
Impartido en la Universidad de Dublín, Irlanda.

El curso está enfocado a ingenieros de manufactura en la fase de planeación e implementación de justo a tiempo de líneas continuas de fluido y células de manufactura flexible.
El curso se enfoca en casos específicos de estudio en la ingeniería, equipo de oficina e industrias de productos de consumo, con un énfasis particular en un acercamiento de aplicaciones usando herramientas básicas de diseño, como partes agrupadas por proceso, planeación mediante ruta crítica, simulación de procesos discretos, desarrollo de software de control, dirección de bases de datos y análisis de comunicación por red.

Maestría de Mecatrónica.
Impartido en la Universidad Tecnológica de Loughborough.

La maestría impartida en esta Universidad, reúne de una manera única, los conocimientos, experiencia y recursos de las más modernas disciplinas, (óptica y mecatrónica), para dar al estudiante la profundidad y amplitud de los conocimientos demandados por la industria de alta tecnología actual.

La razón por lo que se integra a la óptica con la mecatrónica, es porque con la creciente aplicación de la optoelectrónica y la tecnología del láser a un amplio rango de productos consumibles, la ingeniería óptica necesita ser considerada desde las primeras etapas del diseño. Por ejemplo, los desarrollos recientes en holografía generada por computadora permiten a los sistemas ópticos ser desarrollados con mucho menos complejidad que los sistemas ópticos tradicionales y son por consiguiente más fácilmente integrados a los productos mecatrónicos.

El curso tiene una duración de un año, tiempo completo y está dividido en dos partes:

Parte I.- Comprende enseñanza formal, teoría, tutoriales y trabajo práctico y está evaluado por exámenes y trabajos durante el curso. Empieza con tres módulos introductorios estudiados en paralelo. Estos módulos proveen las bases en la mayoría de las disciplinas que comprenden a la mecatrónica y óptica y están diseñados para dar al estudiante las bases necesarias para estudiar los siguientes módulos avanzados.

Parte 2.- Es un proyecto individual, el cual es escogido por negociación y será seleccionado, hasta donde sea posible, para reflejar los intereses particulares del estudiante, con énfasis en el trabajo hacia soluciones de problemas industriales reales.

Los módulos introductorios son:

Mecanismos y Robótica.

- Simulación y control
- Mecanismos planares y levas
- Análisis cinemático
- Análisis dinámico
- Síntesis dimensional
- Transformaciones espaciales
- Introducción a visión por computadora
- Operaciones de levantamiento y posicionamiento

Aplicaciones de los Microprocesadores.

- Escogiendo un microprocesador
- Circuitos integrados de microprocesadores
- Sensores e interfase de entrada
- Actuadores e interfase de salida
- Herramientas de software para desarrollo de microprocesadores
- Microprocesamiento en tiempo real
- Sistemas de comunicaciones e interfases

Métodos ópticos en ingeniería.

- Introducción a la óptica
- Láser y sus fuentes
- Aplicaciones industriales
- Procesamiento de materiales de alto poder

Los módulos avanzados son los siguientes:

Sistemas de maquinaria

- Dinámica avanzada y control
- Mecánica de red
- Optimización numérica para el diseño de mecanismos
- Controles adaptables y de aprendizaje
- Sensores y actuadores avanzados

Ópto-mecatrónica

- Ingeniería de sistemas ópticos
- Metrología óptica
- Procesamiento de imágenes
- Holografía e interferometría holográfica
- Sensores y transductores ópticos

Electrónica y control

- Diseño de sistemas con microprocesadores
- Implementación y desarrollo de productos
- Programación para sistemas mecatrónicos
- Gráficas y visión por computadora
- Sistemas de procesamiento de alto desempeño
- Inteligencia artificial y sistemas expertos

Los módulos avanzados son integrados a través de rasgos característicos en el tema, con el siguiente módulo:

- Filosofía de la mecatrónica
- Dirección de diseño mecatrónico
- Diseño de productos
- Ergonomía de diseño
- Innovación y explotación
- Sistemas de diseño y manufactura

Curso de Posgrado sobre Mecatrónica en ETH (Eidgenössische Technische Hochschule).

Es ofrecido por el Departamento de Ingeniería Mecánica e Industrial, con una duración de 1 año y las materias que lo forman son las siguientes:

Semestre 1.

- Cinemática y cinética asistidas por computadora de mecanismos
- Visión por computadora I
- Control robusto
- Filtros óptimos
- Microprocesadores I
- Inteligencia artificial aplicada I
- Sistemas eléctricos de manejo I
- Robótica I
- Baleros magnéticos
- Microtécnicas I
- Confiabilidad, electrónica, computación e ingeniería industrial

Semestre 2.

- Visión por computadora II
- Control adaptivo
- Procesamiento de datos en tiempo real
- Microprocesadores II
- Inteligencia artificial aplicada II
- Redes neuronales de trabajo
- Microtécnicas II
- Sistemas eléctricos de manejo II
- Robótica II
- Electrotécnicas. Equipamiento en vehículos

En esta misma Universidad dentro de la carrera de Ingeniería Mecánica existe un módulo opcional sobre mecatrónica.

En Alemania Occidental, la RWTH de Aachen ha estado interesada, durante varios años, con aplicaciones de mecatrónica en la ingeniería de producción, y trabajos de mecatrónica han sido también llevados a IFW, Hannover, desde 1980. La mayoría de las universidades alemanas están trabajando en este campo y muchos productos avanzados manufacturados por industrias alemanas ilustran el interés de ese país por la materia.

Maestría de Mecatrónica.

Impartido en la Universidad de Lancaster, U.K.

Tiene una duración de 1 año, tiempo completo.

Materias obligatorias

- Robótica
- Sistemas y métodos de manufactura
- Metodologías y sistemas de diseño

Materias opcionales:

- Comunicaciones
- Procesamiento digital de señales
- Sistemas opto-electrónico
- Diseño de circuitos integrados
- Arquitectura de microsistemas

Materias opcionales:

- Ingeniería de software
- Sistemas empujados de computación
- Manejadores y actuadores
- Ingeniería de sistemas dinámicos
- Elementos de máquinas
- Materiales y estructuras

Existe también dentro de esta misma universidad un curso de **Ingeniería Mecánica en Mecatrónica** y tiene una duración de 4 años.

Universidad Católica de Leuven, Bélgica.

Una de las primeras universidades en Europa en tener cursos sobre la materia fue La Universidad Católica de Leuven (Bélgica), que tuvo un curso de posgrado con duración de un año, desde 1986. Y a partir de octubre de 1989 una opción "La Mecatrónica en la Ingeniería Electro-mecánica" apareció al comienzo del tercer año del programa de primer grado en ingeniería mecánica, seguido por dos años de ciencia básica, para ser extendida posteriormente al cuarto y quinto año. Esta universidad también es muy activa en la investigación mecatrónica.

Japón

A pesar de que los orígenes de la mecatrónica son en Japón, solamente una universidad, Toyohashi University of Technology, tiene un curso de Ingeniería Mecatrónica, iniciado en 1983. Varios otros departamentos de ingeniería en Japón enseñan elementos de mecatrónica dentro de sus cursos y conducen investigaciones en este campo. La visión de los educadores japoneses es que el ingeniero mecatrónico es esencialmente un ingeniero mecánico, cuya educación ha sido ampliada para incluir buenas manos en el conocimiento y habilidad en el hardware y software de los microprocesadores, electrónica, actuadores y control.

Han organizado juntas para promover la mecatrónica como lo fue la Conferencia Internacional sobre Mecatrónica Avanzada, en Tokio en mayo de 1989, que cubrió el espectro desde los mecanismos finos hasta dispositivos eléctricos.

Estados Unidos de América

A pesar de que varias universidades de Norte América están trabajando en este campo, parece no haber cursos en ningún nivel específicamente titulados como mecatrónica. No obstante está claro que las industrias Norte Americanas están enteradas de la importancia de adoptar una aproximación multi-disciplinaria a un amplio rango de problemas industriales.

En la Universidad de Twente, en **Holanda**, aunque varios cursos contribuyen al campo de la mecatrónica, no hay uno solo designado como tal. En 1989 se fundó el Centro de Investigación Mecatrónica de Twente.

En **Dinamarca** la Universidad Técnica Danesa tiene cursos de licenciatura en mecatrónica, y también cuenta con cursos cortos para la industria. También existe el Club de Mecatrónica, al cual la mayoría de las industrias importantes danesas pertenecen y el cual fomenta y proporciona un punto de referencia para la materia.

Finlandia.

El interés de este país por la materia nació a través de la necesidad de automatizar su industria maderera, de la que la mayoría de la prosperidad Finlandesa depende. Ahora existe una colaboración industria-universidad hacia una meta común.

Apéndice 2

Estados de Transición y Funciones de Transformación. Propósito.

Los sistemas mecatrónicos trabajan en diferentes estados (on y off como mínimo), y las funciones dependen del estado de los sistemas. Las transiciones entre estados son controladas por condiciones lógicas. Existe una regla general en la literatura de diseño acerca de la definición de las funciones de transformación.

La función de transformación de un sistema mecatrónico es la acción que cambia un objeto del proceso (material, energía o información) de un estado de entrada a un estado deseado de salida.

Existen también dos diferentes interpretaciones del concepto de transformación.

1. *Transformación en la que la salida tiene una calidad continua, es decir que depende sólo del estado de la entrada (ej. conducción, amplificación, transducción).*
2. *Transformaciones en las que la salida puede representar muchos diferentes estados para la misma entrada, dependiendo de relaciones lógicas (ej. acoplamiento, almacenaje).*

Al mezclar las dos interpretaciones para la misma estructura funcional, la percepción de los estados de un sistema mecatrónico. Lo mismo sucede en algunos casos si uno quiere leer la función de un circuito electrónico de un diagrama. Para cada switch, relevador, diodo, etc, nos tenemos que imaginar dos estados y luego deducir el cambio correspondiente en todo el funcionamiento del circuito.

El ejemplo que se ilustra a continuación, nos ayudará a explicar esta discusión. Queremos diseñar un sistema inteligente de iluminación para una habitación, el sistema debe encender la luz cuando alguna persona entra al mismo, y el nivel de luz se ajustará de acuerdo a la luz existente en el ambiente. El sistema tiene una función de interruptor y dos estados. Si la función del sistema es descrita en términos de transformación solamente, entonces el objeto de la salida de una o más cajas negras exhibirá esos dos estados (luz-no luz). En cambio una estructura de transformación continua puede ser establecida para cada estado del sistema y la estructura de los estados y las transiciones puede ser descrita por separado. Fig. 32 en la siguiente página.

Una función de transformación perteneciente a una estructura funcional de un sistema mecatrónico debe ser considerada del tipo multiestado si provoca que el estado de la salida del sistema cambie momentáneamente debido a una entrada lógica externa.

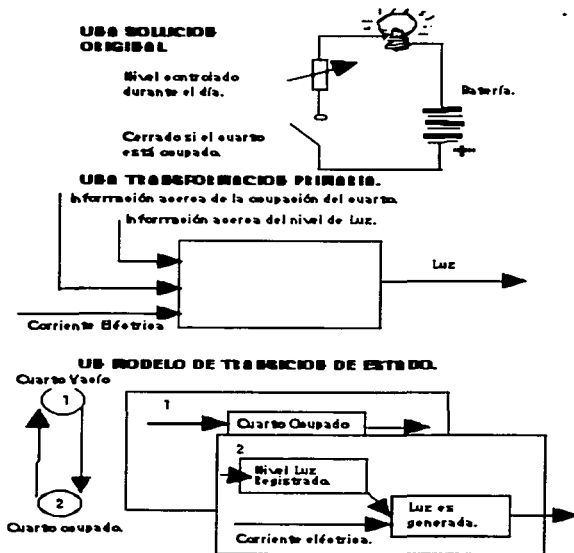
Si una función multiestado está presente en una estructura funcional de transformación, entonces es posible reemplazar esta función por una estructura de estado de transición más una estructura de transformación continua para cada estado. Durante el diseño de sistemas mecatrónicos, tales operaciones nos permiten obtener una función lógica simple de los sistemas.

Estados de Transición y Funciones de Propósito.

Otro aspecto que debe ser clarificado, es la relación entre el punto de vista del estado de transición y el concepto de funciones de propósito. Una función de propósito es la habilidad de los sistemas mecatrónicos para crear un efecto necesario al realizar una transformación y la suma de todos los efectos necesarios, constituyendo así el propósito de los sistemas.

De esta manera la estructura funcional queda enunciada como una tabla de contenido de los efectos necesarios (visto desde un punto de vista jerárquico.)

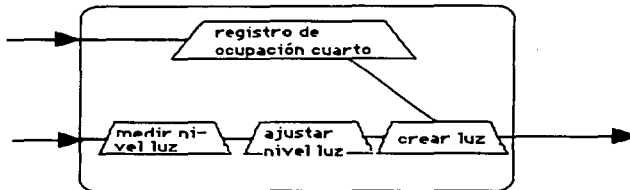
Si el sistema tiene múltiples estados, entonces un juego diferente de funciones de propósito será requerido en cada estado.



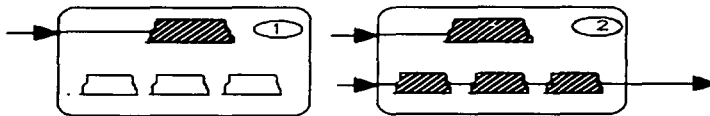
Las funciones de un sistema inteligente de iluminación. Un ejemplo de las relaciones entre un modelo funcional de transformación y un modelo de transición de estado.

Fig.32

ESTRUCTURA DE PROPOSITO FUNCIONAL



FUNCIONES DE PROPOSITO ACTIVAS



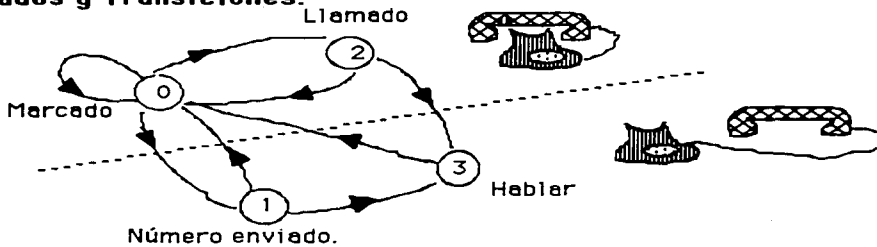
La estructura de propósito funcional de un sistema de iluminación inteligente. Cada estado del sistema requiere un a parte de funciones de propósito activas.

Fig. 33

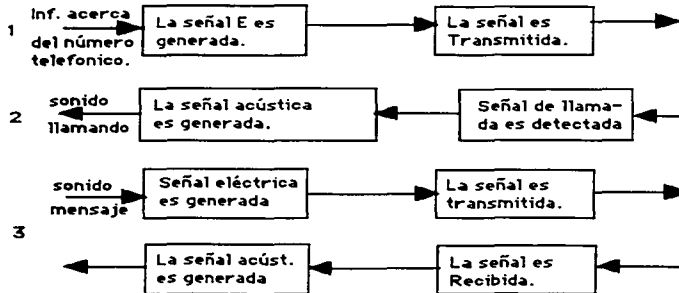
La figura 33 nos muestra la estructura del propósito funcional del ejemplo previo. Los dos estados que el sistema requiere tienen cada uno un juego de funciones de propósito. Nótese que la función del interruptor on/off que causa la transición entre dos estados aparece como una función de control secundaria en un nivel más bajo jerárquicamente. Esto depende de la realización física de las funciones como 'registrar la condición de la habitación' y 'crear la luz'.

La ventaja principal de la estructura de funciones de propósito es la visión total de los efectos necesarios en el sistema. De la misma manera provee un buen punto de partida para localizar la tecnología. Ej. para sugerir soluciones en el órgano del dominio.

Estados y Transiciones.



Funciones de Transformación.



Las funciones de un teléfono usando estados & transiciones y Funciones de Transformación.

Fig.34

La Fig. 34 nos muestra ejemplo de un teléfono de 4 estados.

Apéndice 3

Causalidad Vertical en Mecatrónica.

Esta ley establece que existe una relación causal entre las funciones de propósito de un sistema y el significado alternado de su realización. Una vez que el significado de una función en un nivel es encontrado, ésta puede ser descompuesta en subfunciones en un nivel jerárquico más bajo, cada una de las cuales requieren de escoger un significado (en su uso).

Si la ley se aplica a mecatrónica, entonces debemos esperar significados puramente mecánicos o puramente electrónicos y principios mezclados en el mismo nivel de alternancia.

Este es el caso al analizar los principios utilizados en el diseño mecatrónico, nos encontraremos muchos niveles de funciones, las cuales pueden realizarse en una forma puramente mecánica, en una forma eléctrica o como una integración combinatoria. Por ejemplo, un reloj que puede constar de una batería, un elemento piezo-eléctrico (cristal), de un oscilador divisor y un display para configurar todas las funciones en el caso electrónico. En el caso mecánico constaría de un resorte, un mecanismo de escape, de ciertos engranes y finalmente de manecillas que marquen el avance del tiempo.

Si el término de una función de propósito de una cadena causal vertical es interpretada como una proposición de problema más que un efecto en la máquina, entonces el significado debe cubrir la transformación del proceso, los órganos o las partes estructurales.

Para clarificar estas aseveraciones analizaremos lo siguiente:

Un proceso técnico, por ejemplo, una secuencia de transformaciones que básicamente resuelven el problema, aparecerán como el significado en un nivel superior de una función significando jerarquía.

Un órgano puede ser entendido como una categoría de una entidad física, la cual exhibe principios similares de trabajo para realizar una función requerida. Ejemplos de órganos son: un motor, un mecanismo, una batería, un display, un potenciómetro. Un microprocesador es en sí mismo un órgano si se le suministra un programa de software. Sin él, el procesador no puede realizar ninguna función en particular. Los módulos de software en sí mismos no pueden ser considerados órganos.

Las partes estructurales son un ensamble de partes mecánicas que constituyen un órgano, por ejemplo en un potenciómetro: las resistencias, los contactores rotatorios, el eje del balero y la base de montaje. Estas partes estructurales aparecerán como significados cerca del fondo de la función (significado jerárquico) en donde la construcción de un sistema es descrito en detalle.

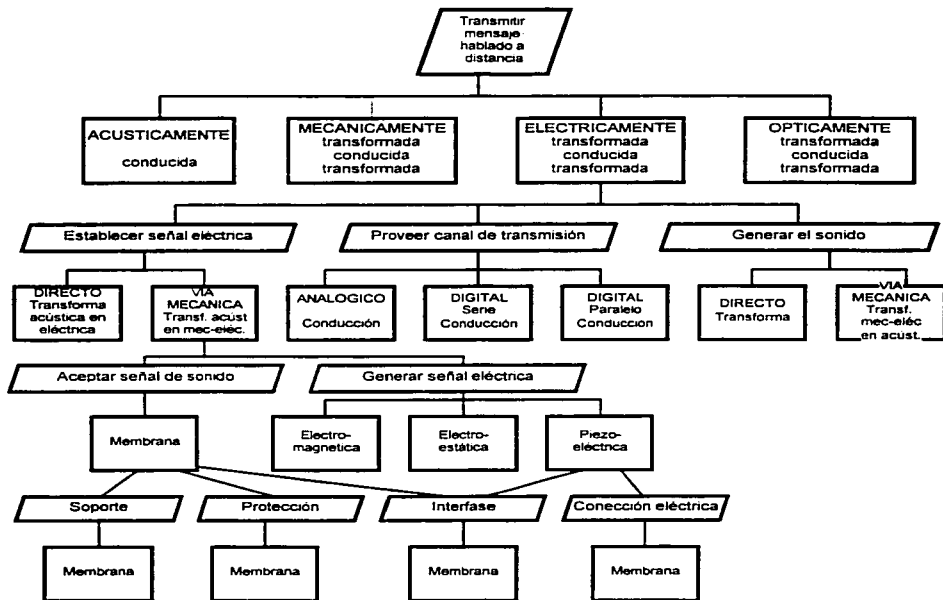
Al moverse a través de la cadena causal, los términos de la función cambiarán del establecimiento de un problema en general a la más alta descripción específica de los efectos requeridos y del arreglo geométrico hacia el fondo. Al mismo tiempo, el significado cubre procesos técnicos, órganos y partes estructurales sucesivamente.

Ejemplo de un árbol de función/significado para un sistema telefónico, en la Fig. 35.

La ley de la Causalidad Vertical tiene una consecuencia importante para el entendimiento de las estructuras funcionales. Al preparar un modelo de estructura funcional de un sistema, solo un nivel de funciones parciales de una jerarquía función/significado puede ser incluida en el modelo de la estructura.

No es posible incluir subfunciones de nivel inferior, ya que requieren haber seleccionado el significado para realizar funciones en el nivel superior de antemano. Si funciones de nivel superior se describen en una estructura funcional, entonces el hecho de que sus significados hayan sido previamente seleccionados será ocultado.

Al aplicar estructuras funcionales para el concepto del diseño, las precondiciones para cada diagrama de estructura deben estar establecidas claramente. Un ejemplo de tal estructura es la de un auricular de teléfono cuya estructura funcional contempla el principio del transductor (membrana PVDF curva) y la forma del plástico que la contiene.



El árbol de la función/significado para un sistema telefónico. El cambio de significado de procesos a órganos y estructura de partes

Fig. 35

Lo Complejo de las Funciones Secundarias.

Los modelos de sistemas propuestos por ROHRS 1980 Y KAJITANI 1986 soportan la idea de que existe un set general de funciones secundarias a ser encontrado en la cercanía de cualquier función principal.

Un set de funciones secundarias sería:

- función de fuerza.
- función de control.
- función de interfase.
- función de protección.
- función de comunicación.
- función estructural o de soporte.

La función de fuerza provee energía para el significado primario si es que un suministro de energía es necesario.

La función de control gobierna el estado del significado. En el caso más simple debe de ser solamente un control encendido/apagado (on/off). También controla la acción de la función de acuerdo a las entradas, por ejemplo, un loop de retroalimentación.

La función de interfase es necesaria si las entradas principales o salidas no quedan directamente con el ambiente del significado primario. Si un electromotor fue escogido como fuerza para un mecanismo móvil lineal, algún significado de la conversión rotativa a lineal será necesaria.

La función de protección asegura que el parametro funcional del significado primario sea guardado sin un rango permisible. El ventilador de un proyector protege la lámpara de un sobrecalentamiento. Además un segundo tipo de función de protección previene el significado de expulsar un impacto no aceptable en el sistema ambiental.

La función de comunicación permite que el significado cambie información con sus alrededores. Un sistema laser da una señal de alerta para indicar que está trabajando (salida) y el sistema debe funcionar de acuerdo a algunos ajustes de referencia (entrada). En general, la función de comunicación proveerá información a un loop de control en un nivel superior.

La función estructural asegura que las condiciones espaciales sean satisfechas para hacer que el significado primario trabaje. El socket de una lámpara eléctrica tiene un proposito estructural, pero también provee una interfase eléctrica.

El principio no exige que todas las funciones secundarias de lo complejo sean requeridas para la realización de alguna función del sistema, sólo que algunas o todas sean parecidas. El aspecto de recursividad es importante. Las funciones secundarias de lo complejo pueden en si mismas ser llamadas como funciones primarias en el nivel inferior siguiente de la jerarquía, cada cual requiriendo un nuevo complejo de funciones secundarias. De esta manera la función de poder de un significado de nivel superior necesitará en algunos casos de una función de control que de nuevo requerirá de fuerza.

La función de control ocupa una posición especial en los sistemas mecánicos ya que es a menudo requerida por un microprocesador con software. Dos ideas principales se derivan de la ley de la causalidad vertical y del principio de las funciones secundarias complejas:

1.- Las funciones de control son funciones secundarias, siempre dependiendo de la elección de significado para realizar la función primaria.

2.- Las funciones de control aunque sean realizadas centralmente en la misma computadora, pertenecen a diferentes niveles de la jerarquía función/significado.

En otras palabras no tiene sentido discutir funciones de control hasta que el significado para realizar la función a ser controlada haya sido decidida.

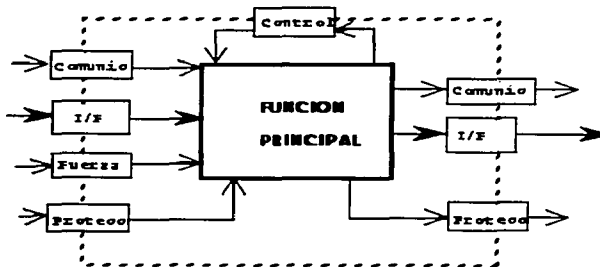
Y las interrelaciones entre diferentes tareas de control en el sistema rápidamente se hacen complejas, ya que conectan controles en diferentes niveles jerárquicos.

Un Sistema Modelo para Mecatrónica.

Es posible sugerir una estructura de transformación funcional que tenga validez general para los sistemas mecatrónicos. Si es así, entonces debe cumplir con los dos principios discutidos previamente:

1.- Debe incluir todas las funciones de lo complejo de funciones secundarias.

2.- Recursividad total correspondiente a los niveles de cadena de función/significado mantenidas. Como se observa en la figura 36.



Un sistema modelo para mecatrónica el cual cumple con el principio de causalidad vertical y lo complejo de las funciones secundarias.

Fig. 36

Apéndice 4

Herramientas de Diseño

Modelos de Diseño

El proceso de Diseño puede ser descrito como sigue:

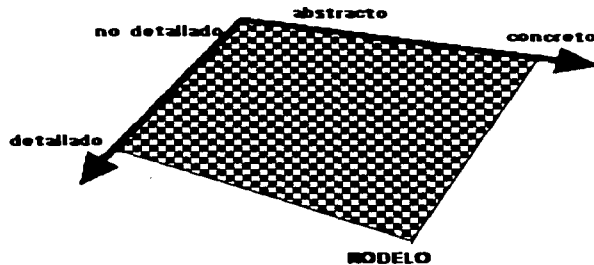
El objetivo de los modelos es la estructura del proceso, la estructura funcional, la estructura orgánica o las partes de la estructura del producto. Es también importante el comportamiento del sistema.

Las propiedades que queremos modelar son típicamente: la función, modo de operación, costos de diseño y el tiempo requerido para su desarrollo.

El propósito de la síntesis de los modelos es generar y describir nuevas ideas conceptuales del diseño y evaluar someramente sus consecuencias.

El usuario de estos modelos de síntesis será el diseñador en conjunción con el equipo del proyecto, quizás la gerencia involucrada, procesos de manufactura y en última instancia la mercadotecnia. Es importante hacer notar que la mecatrónica en estos casos es propia de profesionales no especialistas.

Los modelos de diseño pueden caracterizarse dependiendo su nivel de abstracción y el número de detalles que reproducen. Estos pueden ser posicionados en planos de dos dimensiones como se ilustra a continuación en la Fig. 37.



Los modelos del diseño pueden sistematizarse en planos de 2 dimensiones de acuerdo a su nivel de generalización, abstracción y el número de los detalles.

Fig. 37

En cada dominio, la esquina más cercana con el diseño del modelo más concreta y detallada es la del producto en sí mismo.

La Estructura de Transformación y los Estados de Transición.

La estructura del proceso y la estructura de transición del estado de un sistema mecatrónico, se complementan pero deben ser descritos por separado, como se ve en la figura 34.

La dependencia lógica entre subprocesos puede ser expresada en el número diferente de modelos dependiendo de los aspectos a los que están enfocados. En la figura 38 se presentan algunos ejemplos que ilustran los siguientes cuatro aspectos:

- 1.- Estados y transiciones: enfocados en los estados del sistema y las condiciones para cambiar de un estado a otro. Tipos de modelos típicos: Diagrama de Estado/Transición, Petri Net y Matrix de decisiones.
- 2.- Procedimiento secuencial: donde la ejecución de las operaciones son enfatizadas una por una. Diagrama de Flujo, Estructograma.
- 3.- Patrón jerárquico: en donde la estructura de los niveles subordinados de los procesos es importante. Diagrama Jackson.
- 4.- Condiciones en el tiempo: en donde la secuencia de las transformaciones en paralelo son críticas. Diagrama de tiempos, registro de eventos.

1.- Estados & Transiciones.

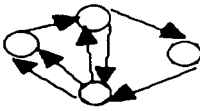
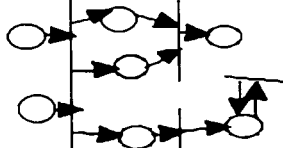
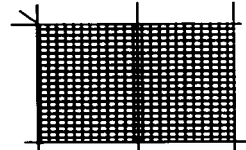


Diagrama de Estados de Transición.



Petri-Net.



Matriz de Decisiones.

2.- Secuencias.

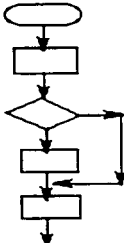
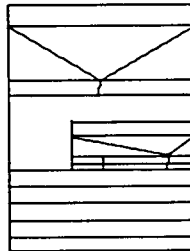


Diagrama de flujo



Estructograma.

3.- Jerarquías.

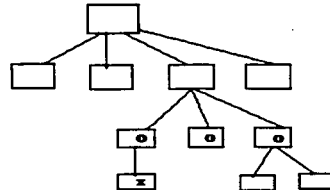
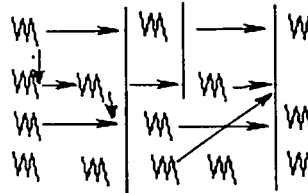


Diagrama Jackson.

4.- Tiempos.



Diagrama de tiempos.



Registro de Eventos.

Diferentes tipos de modelos expresando las dependencias lógicas entre las funciones de transformación de un sistema.

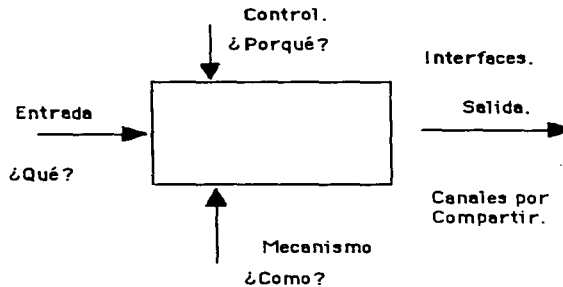
Fig.38

Este tipo de modelos están en el mismo nivel de abstracción puesto que son estructuras diagramáticas con operaciones y condiciones verbalmente formuladas. Estas pueden diferir mucho en sus habilidades para expresar detalles.

La filosofía de mantener el flujo y los aspectos secuenciales separados en diferentes tipos de modelos se deja notar en varios métodos de diseño para desarrollos de software como el Yourdon's SA/SD, el método WARD & MEIOR (diagrama de flujo de datos, diagrama de estados de transición, estructura jerárquica.), el método HIPO (tabla jerárquica de contenidos, diagrama de entradas y salidas de procesos).

La segunda filosofía es integrar el flujo y los aspectos secuenciales conscientemente dentro del mismo modelo y enfatizar el control de flujo de información. Se asume que todos los procesos de transformación serán controlados como necesidad de un control de información.

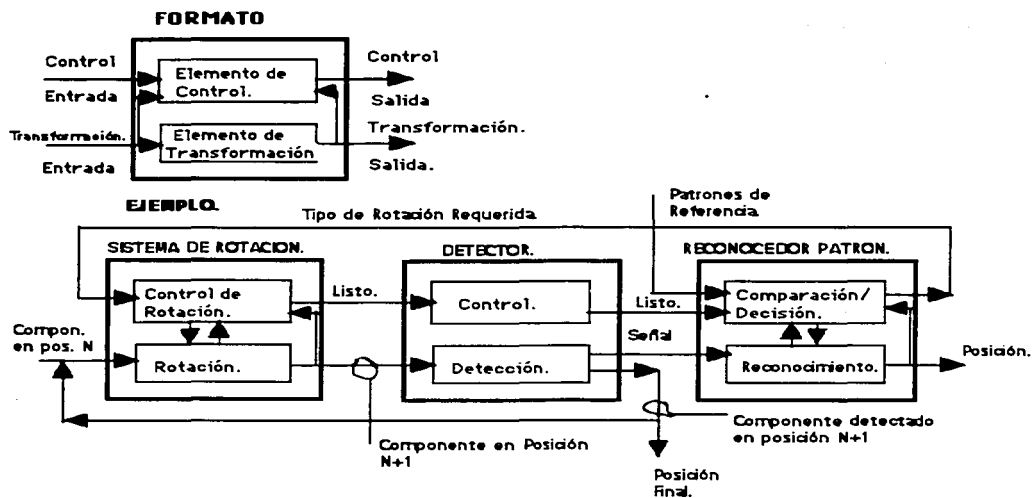
En el diagrama de flujo de información de la técnica de diseño y análisis estructurado SADT, cada subproceso debe tener un control de datos de entrada por separado que gobernarán la transformación de el flujo principal de datos.



Estructura básica de un diagrama de flujo de información de SADT.

Fig. 39

Este diagrama enfatiza la estructura de flujos de datos y la interacción con la información de procesos.

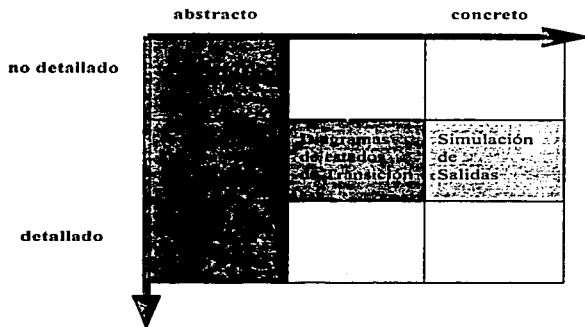


Modelo de procesos elemental para sistemas mecatrónicos sugerido por BERG ET AL . El ejemplo muestra un sistema de alimentación de componentes.

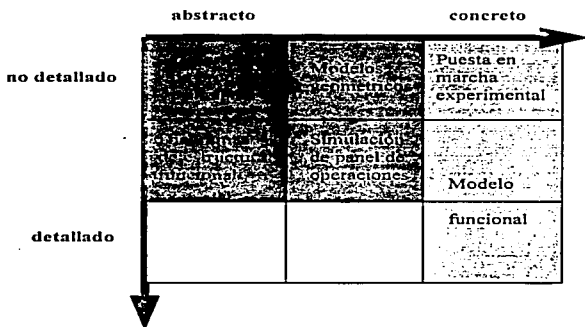
Fig. 40

La figura anterior nos muestra un modelo de proceso elemental para sistemas mecatrónicos propuesto por BERG ET AL con un sistema de alimentación de componentes. En este modelo, cada elemento básico consiste en una transformación y control de procesos. Estos tienen dos entradas y dos salidas, una para el objeto del proceso como el material, la energía o la información y otro para el control de la información. Dentro de cada bloque, la interacción entre el control y la transformación son simbolizados. Este modelo es más explícito con respecto de la influencia del control en cada subproceso del sistema y obliga al diseñador a pensar cuidadosamente acerca del control del flujo de información, rompiendo la ley de la Causalidad Vertical al traer la función primaria y su función de control en el mismo nivel. En un nivel más concreto, los modelos en el proceso del dominio incluyen simulaciones de las salidas de los procesos y la secuencia de las operaciones.

Cuando una compañía de Ingeniería Médica simula la forma de una nueva pieza de equipo de tomografía cerebral en una computadora para analizar la calidad de reproducción, entonces hablamos de un modelo de simulación de salida de un proceso.



Los modelos de diseño mecánico en el dominio del proceso.



Modelos de diseño mecánico en el dominio de la función.

Fig. 41

La Estructura de Propósito Funcional

Los modelos funcionales en un nivel más concreto son comunes en ajustes experimentales, prototipos de programas computacionales, simulación de modelos de interfases y prototipos. En estos modelos funcionales, los órganos, diferirán de los que finalmente serán escogidos para diseño de procesos.

La Estructura Orgánica

Los modelos simbólicos varían desde los muy abstractos hasta los muy concretos representando sistemas mecánicos. Desde el punto de vista abstracto REGNAULT 1976 sugirió 9 símbolos básicos de órganos para describir los sistemas. Estos diagramas están basados en mapas directos entre los órganos y las funciones de transformación.

Por ejemplo cada órgano asume tener una función en particular y el diagrama asume relaciones funcionales entre órganos sin relaciones geométricas.










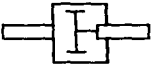


	Trans. mecánicos	Rot. mecánica	Fluidos	Eléctrica
Inertancia	 masa	 rot. inercia	 f. inertancia	 inductancia
Capacitancia	 resorte	 rot. resorte	 f. capacitancia	 capacitor
Resistencia	 piston	 rot. piston	 resistencia	 resistor
Fuente	$V(t)$ $F(t)$	$W(t)$ $T(t)$	$Q(t)$ $P(t)$	$i(t)$ $v(t)$
Cantidad de esfuerzo	Fuerza	Torque	Presión	Voltaje
Cantidad de flujo	Velocidad	Velocidad angular		Corriente

Fig. 42

Este lenguaje de símbolos puede no ser aplicable para la síntesis de nuevos diseños pero puede funcionar para analizar los sistemas existentes en su estructura y para sugerir modificaciones de ésta.

Los ingenieros mecánicos no tienen un set de símbolos orgánicos estandarizados ya que el número de tipos diferentes de órganos es muy grande.

Los símbolos gráficos para órganos mecánicos combinados con cajas negras descriptivas de sistemas electrónicos, mecánicos y de software han dado como resultado esquemas muy eficientes de los conceptos de diseño mecatrónico. Estos son herramientas para la generación de alternativas en comunicación.

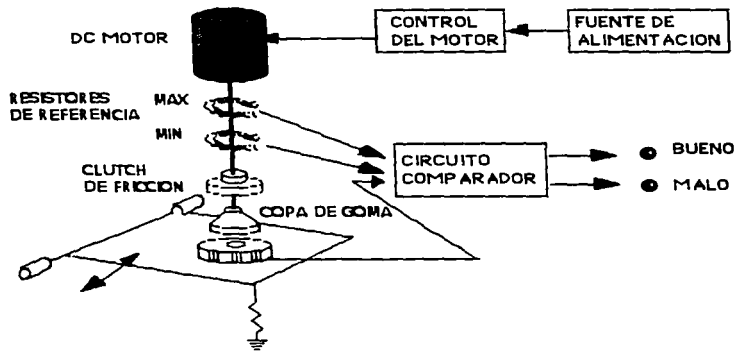


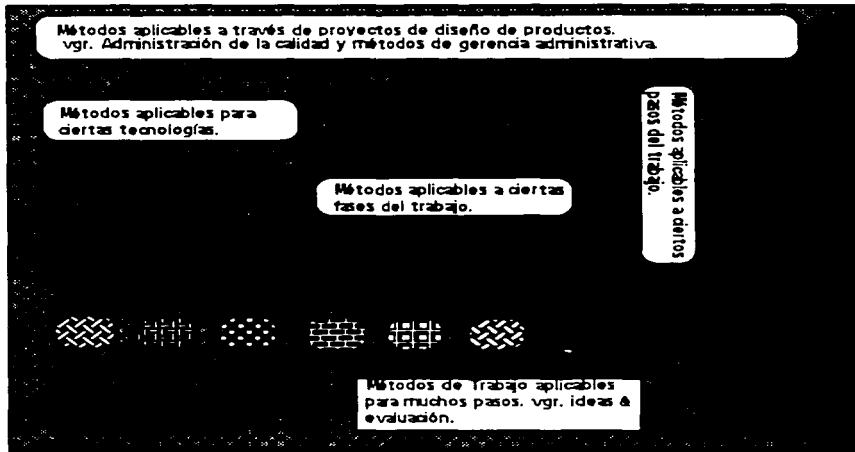
Fig. 43

Una forma eficiente de modelar la estructura espacial de los símbolos fue sugerida por TIALVE 1979. Estos símbolos representan la figura y el tamaño de los órganos en arreglos de partes independientemente de su origen mecánico o electrónico.

Métodos de Síntesis.

SALMINEN ET AL 1990 discutió los métodos de diseño aplicables a problemas mecatrónicos. El opina que métodos en diferentes niveles (proyecto total, fases simples de diseño, pasos de diseño individual, tecnología particular) son necesarios para la mecatrónica. El ingeniero de diseño debe adquirir el conocimiento de diferentes herramientas y luego seleccionar y combinar aquellas que más se adaptan al diseño. El mayor problema es que los métodos existentes han sido desarrollados independientemente de los otros, dificultándose así pasar de un método a otro.

En la siguiente figura podemos apreciar los tres niveles en el diseño de un producto.



Metametódica : métodos de diseño en diferentes niveles.

Fig. 44

El desarrollo del producto, la síntesis del producto y la solución del problema. Esta tesis estudia solamente el segundo nivel determinado por los métodos aplicables a ciertos pasos, fases de trabajo y tecnologías.

De acuerdo a la Teoría de los Dominios, dos tipos de características de métodos de síntesis pueden ser distinguidas. Recordemos que los métodos son instrucciones de como cambiar de un modelo de producto a otro.

1.-Métodos dentro de un dominio.

El propósito de tales métodos es cambiar de nivel de detalle y/o abstracción. El formular la caja negra de los procesos de un sistema es un método para cambiar de un modelo concreto a uno abstracto en el proceso del dominio.

2.-Métodos que proceden de un dominio a otro.

Su propósito es llevar el diseño un paso más cerca a su realización.

Estructuras de Transformación de un Estado.

Basado en el teorema 4 (sustitución de transformaciones multi-estado) se sugiere un método de diseño para establecer la estructura de los procesos involucrados en un sistema mecatrónico:

- 1. Identificar entradas y salidas de los procesos caja negra para el sistema.*
- 2. Descomponer los procesos caja negra hacia una estructura de subprocesos.*
- 3. Identificar esos procesos que son del tipo multi-estado.*
- 4. Deducir el número de estados y establecer la estructura del estado de transición.*
- 5. Para cada estado del sistema, se deberá organizar una estructura de proceso de un estado.*

Este es someramente el proceso que se ha seguido en el ejemplo de la Fig. 32.

El método opera con un dominio. Esto ayuda al diseñador a extender los procesos de caja negra a un modelo detallado de las estructuras de los procesos y la interacción de sus estados de transición.

Según ROTH 1982, el diseñador tiene varias opciones para crear las alternativas de diseño basadas en la estructura del proceso tales como:

- Intercambiar los límites y bondades de los sistemas.
- Cambiar la secuencia de los subprocesos.
- Subdividir un proceso en subprocesos.
- Integrar muchos subprocesos en uno.
- Introducir elementos de transducción y conducción.
- Mover la entrada de información o cambiar la portadora de información.
- Establecer ramas paralelas de procesos.

La mayoría de estas opciones sólo necesitan cambios menores para ser aplicables a la creación de alternativas en la estructura de transición de estado de sistemas mecatrónicos. Ver fig. 42

Arbol Función/Significado

El establecer un árbol función/significado es un método poderoso para proceder a partir de una función a un órgano del dominio de un sistema mecatrónico. Se basa en el Teorema 1 (causalidad vertical) y el Teorema 2 (complejidad de funciones secundarias) y fue sugiendo para sistemas mecánicos por TJALVE 1979 y ANDREASEN 1980.

1. Identificar funciones primarias para un sistema mecatrónico.
2. Sugerir significados alternativos para la realización de cada función.
3. Para cada significado, checar la complejidad de funciones secundarias para las subfunciones requeridas.
4. Repetir este procedimiento para cada nivel jerárquico.

El método se ilustra en fig.35

El ejemplo de la figura a continuación nos muestra que el árbol función/significado puede también ser establecido para diseños que son principalmente electrónicos. Fig. 43

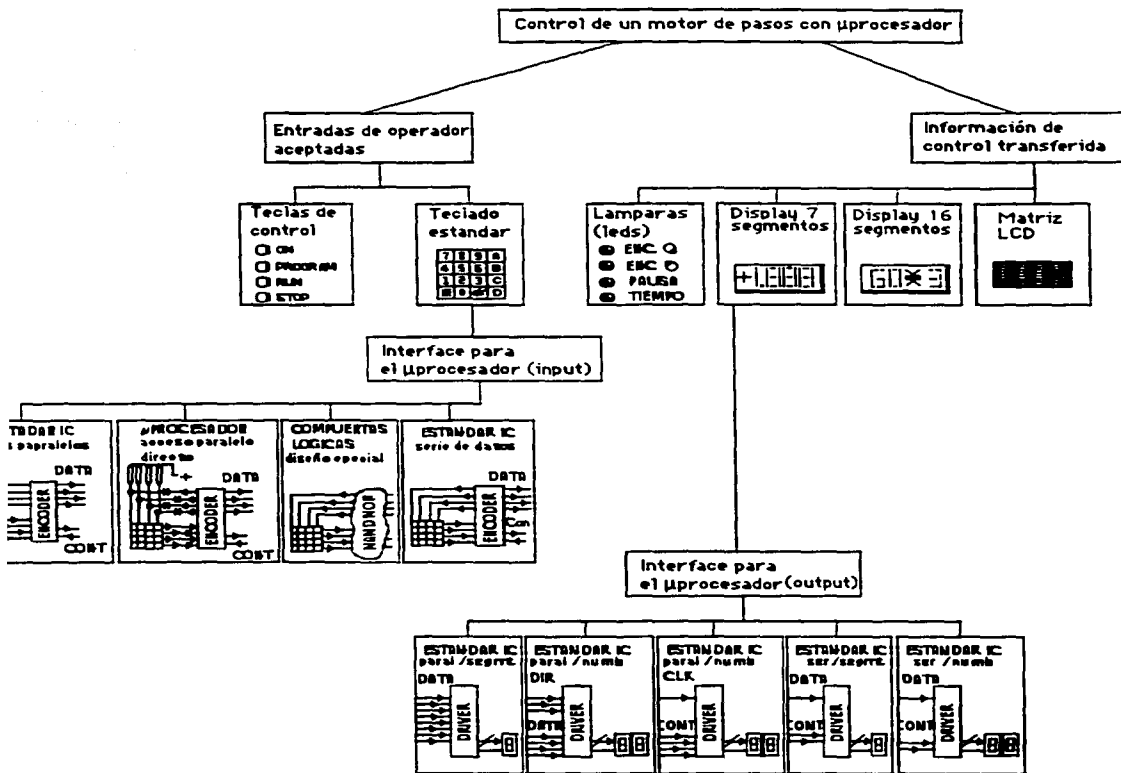


Fig.45

Nótese que no es una instrucción para una transferencia en un solo sentido del dominio de la función al órgano del dominio. El árbol nos explica la necesidad de dar brinco hacia adelante y atrás repetidamente entre la formulación de funciones y la búsqueda de órganos alternativos en diferentes niveles jerárquicos.

El Método Morfológico.

El método morfológico fue desarrollado por ZWICKY 1966 y es ampliamente aplicado en el diseño de máquinas.

Explota el hecho que problemas complejos pueden ser divididos en muchos parámetros o características que pueden ser alterados independientemente a manera de que la solución total es una combinación de sub-soluciones.

Al ser usada con subfunciones, el método morfológico se ajusta bien a los sistemas mecatrónicos. Es un requerimiento que los subproblemas que son resueltos individualmente no dependan uno de otro. (aplicación del teorema 3 de complejidad de funciones secundarias).

1. Identificar el grupo completo de funciones primarias requeridas en el sistema mecatrónico (análisis de soluciones preliminares).
2. Checar que las funciones sean independientes comparando con la complejidad de funciones secundarias.
3. Sugerir significados alternativos para realizar cada función.
4. Generar todos los conceptos de diseño formando todas las posibles combinaciones para cada función.

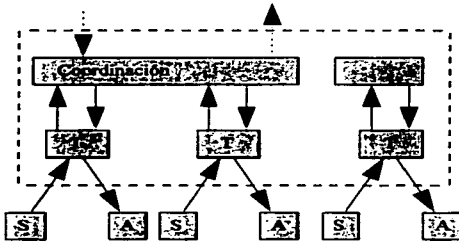
Este método ayuda al diseñador para proceder de una función del dominio hacia el órgano del dominio.

Especificación de Interfase

El teorema 6 (interfase de órganos) invita a la formulación de métodos de diseño para la determinación de interfases entre los subsistemas tecnológicos dentro de un sistema mecatrónico.

HEINZL 1984 y CORDES 1984 sugieren un procedimiento para el arreglo de componentes de interfase y su control electrónico.

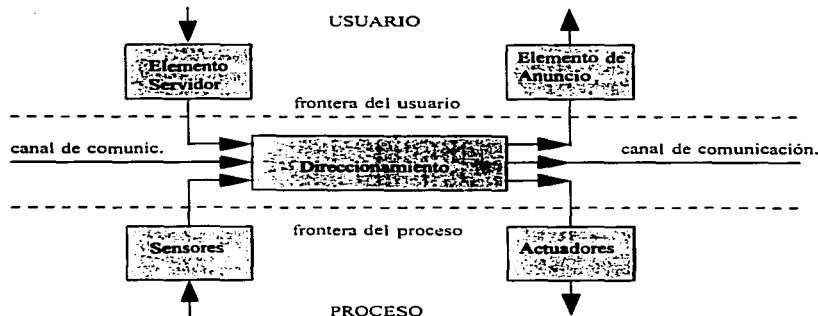
El método se ilustra en las siguientes figuras.



Control de procesos por medio de sub-sistemas autónomos que consiste en sensores (S), actuadores (A), y controles dedicados (T).

Fig.46

1. Determinar la calidad y cantidad de flujo de información entre los sistemas mecánicos y electrónicos.
2. Escoger apropiadamente sensores y actuadores para cada tarea específica.
3. Establecer subsistemas independientes. agrupar sensores y actuadores que estarán enlazados en un control de sensibilidad.



Modelo del Flujo de Información en sistemas de control de micro-electrónica para procesos mecánicos.

Fig. 47

La existencia de un método de diseño más general para determinar la interfase externa de los órganos fue estudiada por KAJITANI 1986 y GERHARD & LENART 1982 y es el siguiente:

1. *Determinar el tipo (material, energía, información), forma y cantidad de todos los flujos entre el sistema mecatrónico y sus alrededores: operador humano, el ambiente y otros productos.*
2. *Escoger órganos de interfase (mecánicos o electromecánicos) para manejar cada entrada y salida del sistema: Hombre/Máquina, ambiente e interfaces del sistema.*
3. *Para señales de flujos, considerar interfaces electro-mecánicas y analógicas-digitales y examinar las opciones para integrar los órganos.*

Catálogos de Órganos de Interfase.

Los cuatro tipos de órganos capaces de interconectarse con circuitos electrónicos son de vital importancia para el diseño mecatrónico: sensores, actuadores, elementos de control y displays. Como el número de efectos físicos disponibles para la conversión de y a señales eléctricas es limitado, los catálogos de aplicación de diseño serán muy importantes.

Los catálogos de diseño son colecciones de principios de solución para realizar subfunciones encontradas. Están basadas en la filosofía de que muchos diseñadores necesitan resolver los mismos sub-problemas y es beneficioso hacer un catálogo estandarizado para la solución de alternativas disponibles para ellos.

KOLLER 1976 y ROTH 1982 desarrollaron resultados aplicables a la interfase de funciones en mecatrónica.

El dilema de compilar catálogos de diseño es que tienen que ser algo abstractos para ser aplicables y al mismo tiempo lo suficientemente concretos para permitir al diseñador identificar su problema y entender los principios de solución sugeridos. El propósito es inspirar al diseñador a abrir su imaginación para soluciones alternativas, y no converger en un principio en particular para la solución de un problema.

Principios de Diseño

Hasta ahora existen muy buenas razones para poner atención a los principios del diseño en mecatrónica. Aún cuando los principios del diseño han cambiado en respuesta al progreso del desarrollo tecnológico, tales reglas pragmáticas pueden ayudar a mover o ampliar las fronteras existentes. Por ejemplo, para cambiar el énfasis entre mecánica, electrónica, software y aun más crear alternativas conceptuales de diseño.

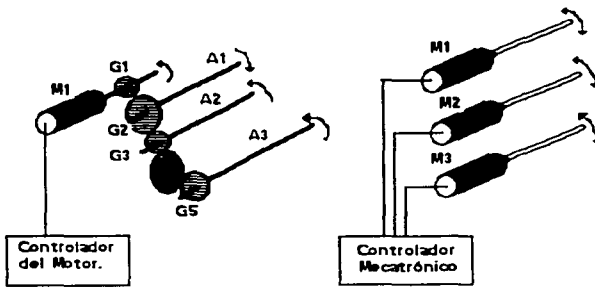
Es recomendable el uso de principios de diseño en una manera opuesta a su propósito original: Estos han sido sugeridos por ingenieros experimentados para reducir la elección de soluciones, pero los usaremos juntos con sus principios contrastantes para extender el campo de alternativas para soluciones.

Principios Contrastantes y sus Aplicaciones.

Movimientos Mecánicos Acoplados vs. Actuadores Independientes.

Ha existido una tradición en el diseño de máquinas para aplicar un motor central y extraer todo el movimiento requiendo en el sistema por medio de poleas, engranes y mecanismos. Esto dio siempre la ventaja de la sincronización a través del sistema pero también significó que todas las relaciones entre los movimientos estaban controladas por el diseño mecánico de partes y por lo tanto no era muy flexible.

Hoy en día la tendencia es escoger un actuador independiente para cada movimiento requiendo en el sistema y relacionarlos mediante un control electrónico, a manera de lograr flexibilidad y un fácil acceso a patrones de movimiento muy complejos. Fig. 38



Ejemplo de un concepto mecatrónico. Un complejo mecanismo se simplifica multiplicando los drives eléctricos y añadiendo un control por computadora.

Fig. 48

UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR

CARRERA: INGENIERIA MECATRONICA

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo Diferencial e Integral
- Física Experimental
- Álgebra
- Dispositivos Semiconductores
- Dibujo por Computadora
- Introducción a la Computación
- Máquinas, Herramientas y Dispositivos Mecánicos

SEGUNDO SEMESTRE

- Álgebra Lineal
- Electricidad y Magnetismo
- Análisis de Circuitos CD y CA
- Fundamentos de transistores
- Fuentes de Poder y Circuitos
- Lenguajes de Programación
- Diseño y Desarrollo de Dispositivos Mecánicos

TERCER SEMESTRE

- Variable Compleja y Transformada
- Fundamentos de Microprocesadores y Microcomputadoras
- Circuitos Digitales
- Circuitos Lineales
- Lenguajes de Alto Nivel
- Laboratorio de Comunicaciones Electrónicas

CUARTO SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales
- Medición e Instrumentación
- Introducción a la Robótica
- Aplicaciones a Circuitos Digitales
- Electrónica Industrial
- Programación Avanzada
- Transferencia de Energía

CARRERA: INGENIERIA EN SISTEMAS Y COMPUTACION

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo Diferencial e Integral
- Física Experimental
- Álgebra
- Dispositivos Semiconductores
- Dibujo por Computadora
- Introducción a la Computación
- Máquinas, Herramientas y Dispositivos Mecánicos

SEGUNDO SEMESTRE

- Álgebra Lineal
- Electricidad y Magnetismo
- Análisis de Circuitos CD y CA
- Fundamentos de Transistores
- Fuentes de Poder y Circuitos Regulados
- Lenguajes de Programación
- Diseño y Desarrollo de Dispositivos Mecánicos

QUINTO SEMESTRE

- Conversión de la Energía
- Electrónica de Potencia
- Máquinas Térmicas
- Estática y Dinámica
- Dinámica de Sistemas Físicos
- Teoría Electromagnética
- Diseño de Circuitos Analógicos por Computadora

SEXTO SEMESTRE

- Mecánica de Fluidos
- Control Analógico
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Control Neumático
- Probabilidad y Estadística
- Tecnología de Materiales
- Diseño de Circuitos Lógicos por Computadora

SEPTIMO SEMESTRE

- Diseño de Ingeniería Mecánica
- Control Digital
- Diseño de Sistemas Electrónicos por Computadora
- Robótica
- Microprocesadores
- Procesamiento Digital de Señales
- Seminario de Tesis I

OCTAVO SEMESTRE

- Gestión Tecnológica
- Sistemas Automáticos de Control
- Sistemas de Control Numérico
- Diseño de Sistemas con Microprocesadores
- Mecatrónica
- Comunicaciones Digitales
- Seminario de Tesis II

QUINTO SEMESTRE

- Programación de Sistemas Administrativos
- Dinámica de Sistemas Físicos
- Introducción a la Base de Datos
- Diseño Lógico
- Graficación por Computadora
- Sistemas Operativos I
- Proceso Digital Analógico de Señales

SEXTO SEMESTRE

- Investigación de Operaciones
- Análisis de Diseño de Sistemas
- Base de Datos Avanzados
- Probabilidad y Estadística
- Electrónica Analógica
- Sistemas Operativos II
- Control Analógico

TERCER SEMESTRE

- Cálculo Vectorial
- Variable Compleja y Transformadas
- Fundamentos de Microprocesadores y Microcomputadoras
- Circuitos Digitales
- Circuitos Lineales
- Lenguajes de Alto Nivel
- Laboratorio de Comunicaciones Electrónicas

CUARTO SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales
- Medición e Instrumentación
- Introducción a la Robótica
- Aplicaciones a Circuitos Digitales
- Electrónica Industrial
- Programación Avanzada
- Transferencia de Energía

SEPTIMO SEMESTRE

- Memorias y Periféricos
- Ingeniería de Software I
- Compiladores
- Programación Orientada a Objetos
- Control Digital
- Programación de Inteligencia Artificial
- Seminario de Tesis I

OCTAVO SEMESTRE

- Sistemas Expertos y Robótica
- Ingeniería de Software II
- Teleprocesos
- Patrones y Procesamiento de Imágenes
- Dirección de Empresas
- Administración de Centros de Cómputo
- Seminario de Tesis II

UNIVERSIDAD PANAMERICANA**CARRERA: INGENIERIA ELECTROMECHANICA****PRIMER SEMESTRE**

- Álgebra Superior
- Cálculo Diferencial e Integral
- Dibujo
- Computación I
- Fundamentos Ideológicos de Occidente I
- Introducción a la Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

- Cálculo Vectorial
- Álgebra Lineal
- Mecánica I
- Computación II
- Química Industrial
- Fundamentos Ideológicos de Occidente

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales
- Mecánica II
- Métodos Numéricos por Computadora
- Termodinámica
- Electricidad y Magnetismo
- Economía
- Fundamentos Ideológicos de Occidente III

CUARTO SEMESTRE

- Matemáticas Avanzadas para Ingeniería
- Resistencia de Materiales
- Administración Contabilidad y Costos
- Termodinámica Aplicada
- Mecánica de Fluidos
- Circuitos y Sistemas Electromecánicos

SEXTO SEMESTRE

- Máquinas de CD
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Tecnología de Materiales II
- Turbomaquinaria
- Dibujo Mecánico (CAD)
- Ingeniería Económica
- Síntesis del Conocimiento Teológico

SEPTIMO SEMESTRE

- Mecanismos
- Transferencia de Calor
- Transformadores y Motores de Inducción
- Medición y Control
- Planeación y Control de Proyectos
- Optativa Cultural
- Inglés Avanzado

OCTAVO SEMESTRE

- Procesos de Conformado de Materiales
- Análisis Dinámico de Máquinas
- Diseño y Manufactura por Computadora
- Sistemas de Control Ambiental
- Técnicas de Comunicación
- Máquinas Síncronas
- Empresa y Humanismo

NOVENO SEMESTRE

- Líneas de Transmisión y Distribución
- Procesos de Corte de Materiales
- Diseño de Máquinas
- Sistemas de Manufactura Flexible
- Ingeniería Industrial
- Comportamiento Humano en las Organizaciones
- Seminario de Tesis

QUINTO SEMESTRE

- Dinámica de Fluidos
- Tecnología de Materiales I
- Máquinas de Desplazamiento Positivo
- Electrónica Industrial
- Probabilidad y Estadística
- Ética Profesional

CARRERA: INGENIERIA EN INFORMATICA.

PRIMER SEMESTRE

- Álgebra Superior
- Cálculo Diferencial e Integral
- Computación I (PASCAL)
- Dibujo
- Fundamentos Ideológicos de Occidente I
- Introducción a la Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

- Álgebra Lineal
- Cálculo Vectorial
- Computación II (Paquetaria)
- Mecánica I
- Química Industrial
- Fundamentos Ideológicos de Occidente II

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales
- Métodos Numéricos
- Mecánica II
- Termodinámica
- Electricidad y Magnetismo
- Contabilidad y Costos
- Fundamentos Ideológicos de Occidente III

CUARTO SEMESTRE

- Probabilidad
- Arquitectura de la Computadora
- Computación III (COBOL)
- Organización Computacional
- Investigación de Operaciones
- Planeación y Control de Proyectos
- Economía

QUINTO SEMESTRE

- Estadística
- Computación IV (Lenguaje C)
- Estructuras de Datos
- Sistemas Operativos I (Unix)
- Circuitos Eléctricos
- Presupuestos
- Principios Morales de la Conducta I

CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL

PRIMER SEMESTRE

- Dibujo
- Fundamentos Ideológicos de Occidente I
- Álgebra Superior

DECIMO SEMESTRE

- Metalurgia Mecánica
- Diseño Herramental
- Robótica
- Instalaciones Electromecánicas
- Plantas Eléctricas y Subestaciones
- Temas Selectos de Fabricación
- Entorno Sociopolítico de la Empresa

SEXTO SEMESTRE

- Bases de Datos
- Computación V (Programación Gráfica)
- Ingeniería de Sistemas
- Control Analógico-Digital
- Ingeniería Económica
- Principios Morales de la Conducta II

SEPTIMO SEMESTRE

- Análisis de Diseño de Sistemas
- Compiladores
- Instalaciones Eléctricas
- Simulación por Computadoras
- Ingeniería Financiera
- Inglés Avanzado

OCTAVO SEMESTRE

- Ingeniería de Información Asistida por Computadora I
- Sistemas Operativos II (Redes)
- Microprocesadores
- Teleproceso
- Administración y Mercadotecnia
- Optativa Cultural

NOVENO SEMESTRE

- Ingeniería de Información Asistida por Computadora II
- Sistemas de Información
- Comportamiento Humano en las Organizaciones
- Derecho (Civil, Laboral, Informático)
- Empresa y Humanismo
- Seminario de Tesis

DECIMO SEMESTRE

- Organización y Administración de Centros de Cómputo
- Seminario de Informática
- Temas Selectos de Cómputo
- Auditoría en Informática
- Entorno Sociopolítico de la Empresa

SEXTO SEMESTRE

- Procesos de Manufactura
- Investigación de Operaciones II
- Control de Inventarios

- Cálculo Diferencial e Integral
- Computación I
- Introducción a la Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

- Química Industrial
- Mecánica I
- Fundamentos Ideológicos de Occidente II
- Cálculo Vectorial
- Álgebra Lineal
- Computación II

TERCER SEMESTRE

- Economía
- Fundamentos Ideológicos de Occidente III
- Mecánica II
- Métodos Numéricos por Computadora
- Termodinámica
- Ecuaciones Diferenciales
- Electricidad y Magnetismo

CUARTO SEMESTRE

- Probabilidad
- Investigación de Operaciones I
- Contabilidad y Costos
- Mecánica de Fluidos
- Circuitos y Sistemas Electromecánicos
- Planeación y Control de Proyectos

QUINTO SEMESTRE

- Estadística
- Ingeniería Económica
- Ingeniería de Métodos
- Estructuras y Bases de Datos
- Máquinas Térmicas e Hidráulicas
- Electrónica
- Ética Profesional

- Administración
- Medición y Control Industrial
- Finanzas
- Síntesis del Conocimiento Teológico

SEPTIMO SEMESTRE

- Inglés Avanzado
- Mercadotecnia
- Simulación por Computadoras
- Planeación de la Producción
- Máquinas e Instalaciones Eléctricas
- Ingeniería Financiera

OCTAVO SEMESTRE

- Automatización y Robótica
- Diseño de Sistemas de Producción
- Evaluación de Proyectos Asistidos por Computadora
- Calidad
- Empresa y Humanismo
- Optativa Cultural

NOVENO SEMESTRE

- Creación de Empresas
- Comportamiento Humano en las Organizaciones
- Derecho
- Análisis y Diseño de Sistemas
- Conceptos Avanzados de Manufactura
- Seminario de Tesis

DECIMO SEMESTRE

- Técnicas de Comunicación
- Entorno Sociopolítico de la Empresa
- Administración de Recursos Humanos
- Productividad
- Simulación Industrial
- Dirección de Empresas

ITESM (CAMPUS CD. DE MEXICO)

CARRERA: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

CURSOS REMEDIALES

- Física Remedial
- Redacción en Español
- Inglés Remedial I
- Inglés Remedial II
- Matemáticas Remediales para Ingeniería

PRIMER SEMESTRE

- Computación I
- Economía
- Inglés I
- Matemáticas I
- Química

SEGUNDO SEMESTRE

- Física
- Redacción Avanzada
- Inglés II
- Matemáticas II
- Probabilidad y Estadística

TERCER SEMESTRE

- Expresión Oral
- Circuitos Eléctricos I
- Electricidad y Magnetismo
- Inglés III
- Mecánica
- Ecuaciones Diferenciales

CUARTO SEMESTRE

- Circuitos Eléctricos II
- Ingeniería de Materiales I
- Dibujo Computarizado
- Mecánica de Materiales I
- Desarrollo de Emprendedores
- Termodinámica I

CARRERA: INGENIERIA EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

CURSOS REMEDIALES

- Física Remedial
- Redacción en Español
- Inglés Remedial I
- Inglés Remedial II
- Matemáticas Remediales para Ingeniería

PRIMER SEMESTRE

- Computación I
- Economía
- Inglés I
- Matemáticas I
- Química

QUINTO SEMESTRE

- Laboratorio de Mediciones Eléctricas
- Ingeniería de Materiales II
- Mecánica de Materiales II
- Computación en Ingeniería Mecánica
- Termodinámica II
- Mecánica de Fluidos I

SEXTO SEMESTRE

- Conversión de Energía
- Electrónica
- Ingeniería de Manufactura I
- Laboratorio de Materiales y Procesos
- Transferencia de Calor
- Mecánica de Fluidos II
- Laboratorio de Térmica y Fluidos

SEPTIMO SEMESTRE

- Sistemas de Control Automático
- Máquinas Eléctricas
- Electrónica Aplicada
- Valores Socioculturales en el Mundo
- Dinámica de Maquinaria
- Tópicos I

OCTAVO SEMESTRE

- Control Computarizado de Procesos
- Plantas y Subestaciones
- Laboratorio de Electrónica
- Valores Socioculturales en México y Latinoamérica
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Laboratorio de Ingeniería Mecánica

NOVENO SEMESTRE

- Laboratorio de Control de Procesos
- Instalaciones Eléctricas
- Laboratorio de Conversión de Energía
- Control Total de Calidad
- Valores en el Ejercicio Profesional
- Tópicos III y Tópicos IV

QUINTO SEMESTRE

- Campos Electromagnéticos
- Sistemas Digitales II
- Conversión de Energía
- Electrónica II
- Laboratorio de Mediciones Eléctricas
- Control Total de Calidad

SEXTO SEMESTRE

- Ingeniería de Control I
- Microondas
- Sistemas Digitales III
- Máquinas Eléctricas
- Electrónica III
- Sistemas de Comunicación I

SEGUNDO SEMESTRE

- Física
- Redacción Avanzada
- Inglés II
- Matemáticas II
- Probabilidad y Estadística

TERCER SEMESTRE

- Expresión Oral
- Circuitos Eléctricos I
- Electricidad y Magnetismo
- Inglés III
- Mecánica
- Ecuaciones Diferenciales

CUARTO SEMESTRE

- Métodos Numéricos
- Circuitos Eléctricos II
- Sistemas Digitales I
- Electrónica I
- Matemáticas Avanzadas
- Desarrollo de Emprendedores

CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

CURSOS REMEDIALES

- Física Remedial
- Redacción en Español
- Inglés Remedial I
- Inglés Remedial II
- Matemáticas Remediales para Ingeniería

PRIMER SEMESTRE

- Computación I
- Economía
- Inglés I
- Matemáticas I
- Química

SEGUNDO SEMESTRE

- Física
- Redacción Avanzada
- Inglés II
- Matemáticas II
- Probabilidad y Estadística

TERCER SEMESTRE

- Computación II
- Expresión Oral
- Electricidad y Magnetismo
- Inglés III
- Dinámica de Sistemas
- Mecánica

SEPTIMO SEMESTRE

- Ingeniería de Control II
- Sistemas de Comunicación II
- Laboratorio de Sistemas Digitales
- Laboratorio Integral de Electrónica
- Valores Socioculturales en el Mundo
- Tópicos I

OCTAVO SEMESTRE

- Laboratorio de Ingeniería de Control
- Antenas y Areas de Transmisión
- Teoría de Televisión
- Sistemas de Adquisición de Datos
- Valores Socioculturales en México y Latinoamérica
- Tópicos II

NOVENO SEMESTRE

- Semiconductores
- Proyectos de Ingeniería
- Laboratorio Integral de Comunicaciones Eléctricas
- Valores en el Ejercicio Profesional
- Tópicos III
- Tópicos IV

QUINTO SEMESTRE

- Contabilidad de Costos
- Investigación de Operaciones
- Planeación de Plantas Industriales
- Modelos de Pronósticos
- Selección de Materiales para Manufactura
- Desarrollo de Emprendedores

SEXTO SEMESTRE

- Contabilidad Administrativa
- Valores Socioculturales en el Mundo
- Control Total de Calidad
- Diseño de Procesos de Manufactura
- Metodología de Sistemas
- Modulación Estructural de Sistemas

SEPTIMO SEMESTRE

- Valores Socioculturales en México y Latinoamérica
- Evaluación de Proyectos
- Control Estadístico de Calidad
- Administración de la Producción
- Implantación de Pequeñas Empresas
- Negocios Internacionales

OCTAVO SEMESTRE

- Sistemas de Inventarios y Distribución
- Diseño de Sistemas
- Sistemas de Información para Manufactura I
- Manufactura Integrada por Computadora
- Mercadotecnia
- Valores en el Ejercicio Profesional

CUARTO SEMESTRE

- Contabilidad Financiera
- Programación Lineal
- Ingeniería de Planta
- Análisis y Diseño de Experimentos
- Ingeniería de Sistemas en las Organizaciones
- Dibujo Computarizado

CARRERA:INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CURSOS REMEDIALES

- Física Remedial
- Redacción en Español
- Inglés Remedial I
- Inglés Remedial II
- Matemáticas Remediales para Ingeniería

PRIMER SEMESTRE

- Computación I
- Economía
- Inglés I
- Matemáticas I
- Química

SEGUNDO SEMESTRE

- Física
- Redacción Avanzada
- Inglés II
- Matemáticas II
- Probabilidad y Estadística

TERCER SEMESTRE

- Computación II
- Expresión Oral
- Electricidad y Magnetismo
- Inglés III
- Mecánica
- Ecuaciones Diferenciales

CUARTO SEMESTRE

- Estructura de Datos I
- Arquitectura Computacional I
- Teoría Aplicada de Sistemas
- Álgebra Lineal
- Estadística I
- Desarrollo de Emprendedores

CARRERA:INGENIERIA EN SISTEMAS DE INFORMACION

CURSOS REMEDIALES

- Física Remedial
- Redacción en Español
- Inglés Remedial I
- Inglés Remedial II
- Matemáticas Remediales para Ingeniería

PRIMER SEMESTRE

- Computación I

NOVENO SEMESTRE

- Sistemas de Información para Manufactura II
- Sistemas de Planeación
- Desarrollo de Franquicias
- Organización y Dirección
- Tópicos I
- Tópicos II

QUINTO SEMESTRE

- Métodos Numéricos
- Lenguajes de Programación
- Estructura de Datos II
- Arquitectura Computacional II
- Matemáticas para Computación
- Desarrollo de Sistemas I

SEXTO SEMESTRE

- Lenguaje Ensamblador
- Desarrollo de Sistemas II
- Sistemas Operativos I
- Gráficas Computacionales
- Valores Socioculturales en el Mundo
- Programación Matemática

SEPTIMO SEMESTRE

- Sistemas Operativos II
- Bases de Datos I
- Teleproceso
- Equipo Periférico
- Valores Socioculturales en México y Latinoamérica
- Administración de Proyectos de Informática

OCTAVO SEMESTRE

- Compiladores I
- Bases de Datos II
- Redes Locales
- Simulación
- Valores en el Ejercicio Profesional
- Tópicos I

NOVENO SEMESTRE

- Compiladores II
- Herramientas de Software
- Inteligencia Artificial
- Calidad Total
- Tópicos II
- Tópicos III

QUINTO SEMESTRE

- Sistemas Operativos
- Contabilidad de Costos
- Planeación de Plantas Industriales
- Desarrollo de Emprendedores
- Ingeniería de Sistemas de Información II
- Modelación de Sistemas

SEXTO SEMESTRE

- Contabilidad Administrativa

- Economía
- Inglés I
- Matemáticas I
- Química

SEGUNDO SEMESTRE

- Física
- Redacción Avanzada
- Inglés II
- Matemáticas II
- Probabilidad y Estadística

TERCER SEMESTRE

- Computación II
- Expresión Oral
- Organización Computacional
- Electricidad y Magnetismo
- Inglés III
- Mecánica

CUARTO SEMESTRE

- Estructura de Datos I
- Contabilidad Financiera
- Ingeniería de Planta
- Análisis y Diseño de Experimentos
- Introducción a las Organizaciones
- Ingeniería de Sistemas de Información I

- Valores Socioculturales en el Mundo
- Control Total de Calidad
- Mercadotecnia
- Bases de Datos
- Desarrollo de Sistemas Operacionales

SEPTIMO SEMESTRE

- Valores Socioculturales en México y Latinoamérica
- Evaluación de Proyectos
- Administración de la Producción
- Implantación de Pequeñas Empresas
- Negocios Internacionales I
- Ingeniería de Sistemas de Información III

OCTAVO SEMESTRE

- Sistemas de Inventarios y Distribución
- Valores en el Ejercicio Profesional
- Innovación Tecnológica y Creatividad
- Redes Computacionales
- Desarrollo de Sistemas Abiertos
- Tópicos I

NOVENO SEMESTRE

- Sistemas de Planeación
- Desarrollo de Franquicias
- Organización y Dirección
- Sistemas Expertos para los Negocios
- Seminario de Ingeniería de Sistemas de Información
- Tópicos II

UNIVERSIDAD LA SALLE

CARRERA: INGENIERIA EN ENERGIA ELECTRICA Y EN SISTEMAS ELECTRONICOS

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica I
- Álgebra
- Física
- Dibujo
- Introducción a la Ingeniería
- El Hombre ante los Problemas de la Ciencia y de la Técnica

SEGUNDO SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica II
- Mecánica I
- Computadoras y Programación
- Introducción al Taller
- El Hombre ante los Problemas de América Latina
- Metodología de las Ciencias

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias
- Mecánica II
- Termodinámica
- Métodos Numéricos
- Administración y Contabilidad
- Psicología del Mexicano

CUARTO SEMESTRE

- Matemáticas Avanzadas
- Mecánica de Sólidos
- Mecánica de Fluidos
- Probabilidad y Estadística
- Electricidad y Magnetismo
- Psicología de la Personalidad

QUINTO SEMESTRE

- Dinámica de Sistemas Físicos
- Medición e Instrumentación
- Elementos de Máquinas
- Máquinas Hidráulicas y Térmicas
- Ingeniería de Sistemas
- Análisis de Circuitos Eléctricos
- La Vocación Humana

CARRERA: INGENIERIA CIBERNETICA Y EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica I
- Álgebra
- Introducción a las Ciencias de la Computación
- Programación Básica
- Administración y Contabilidad
- El Hombre ante los Problemas de la Ciencia y de la Técnica

SEGUNDO SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica II
- Física
- Estructuras de Datos
- Programación Científica
- El Hombre ante los Problemas de América Latina
- Metodología de las Ciencias

SEXTO SEMESTRE

- Control Analógico
- Introducción a la Economía
- Dispositivos Electrónicos
- Transformadores y Motores de Inducción
- Teoría Electromagnética
- El Hombre frente a la Vida

SEPTIMO SEMESTRE

- Recursos y Necesidades de México
- Diseño Lógico
- Amplificación de Señales
- Máquinas Síncronas
- Elementos de Redes de Potencia
- Ética Profesional

OCTAVO SEMESTRE

- Análisis de Sistemas Discretos
- Estudio y Factibilidad de Proyectos
- Electrónica Analógica
- Máquinas de C.D.
- Análisis y Diseño de Redes de Potencia
- Análisis de Señales y Modulación

NOVENO SEMESTRE

- Control Digital
- Electrónica Digital
- Audio y Video
- Instalaciones Electromecánicas
- Comunicaciones Digitales
- Seminario de Tesis I

DECIMO SEMESTRE

- Control Industrial
- Ingeniería Industrial
- Computadoras y Microprocesadores
- Electrónica de Potencia
- Temas Selectos de Ingeniería Eléctrica
- Sistemas de Comunicaciones
- Seminario de Tesis II

SEXTO SEMESTRE

- Mecánica de Sistemas Físicos
- Sistemas Operativos II
- Administración de Centros de Cómputo
- Probabilidad y Estadística
- Introducción a la Economía
- El Hombre frente a la Vida

SEPTIMO SEMESTRE

- Medición e Instrumentación
- Compiladores
- Probabilidad y Estadística
- Comportamiento Humano en las Organizaciones
- Análisis Económico y Financiero
- Ética Profesional

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias
- Electricidad y Magnetismo
- Arquitectura de Computadoras
- Programación Aplicada
- Informática
- Psicosociología del Mexicano

CUARTO SEMESTRE

- Métodos Numéricos
- Diseño Lógico
- Análisis de Circuitos Eléctricos
- Programación en Administración
- Análisis y Diseño de Sistemas I
- Psicología de la Personalidad

QUINTO SEMESTRE

- Microprocesadores
- Electrónica Básica
- Sistemas Operativos I
- Programación Ensamblador
- Análisis y Diseño de Sistemas II
- La Vocación Humana

CARRERA:INGENIERIA MECANICA Y EN SISTEMAS ENERGETICOS

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica I
- Álgebra
- Física
- Dibujo
- Introducción a la Ingeniería
- El Hombre ante los Problemas de la Ciencia y de la Técnica

SEGUNDO SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica II
- Mecánica I
- Computadoras y Programación
- Introducción al Taller
- El Hombre ante los Problemas de América Latina
- Metodología de las Ciencias

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias
- Mecánica II
- Termodinámica
- Métodos Numéricos
- Administración y Contabilidad
- Psicosociología del Mexicano

CUARTO SEMESTRE

- Mecánica de Sólidos
- Mecánica de Fluidos
- Termodinámica Aplicada
- Probabilidad y Estadística
- Electricidad y Magnetismo
- Psicología de la Personalidad

OCTAVO SEMESTRE

- Control Analógico
- Bases de Datos
- Investigación de Operaciones I
- Recursos Humanos
- Mercadotecnia
- Recursos y Necesidades de México

NOVENO SEMESTRE

- Análisis de Sistemas Discretos
- Redes y Teleproceso I
- Auditoría de Sistemas
- Investigación de Operaciones II
- Estudio de Factibilidad de Proyectos
- Seminario de Tesis I

DECIMO SEMESTRE

- Temas Selectos de Cibernética
- Control Digital
- Redes y Teleproceso II
- Temas Selectos de Cómputo
- Investigación de Operaciones III
- Seminario de Tesis II

SEXTO SEMESTRE

- Medición e Instrumentación
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Máquinas Rotatorias y de Desplazamiento Positivo
- Electrónica Básica
- Procesos de Conformado de Materiales
- El Hombre frente a la Vida

SEPTIMO SEMESTRE

- Elementos de Control Automático
- Análisis Dinámico de Maquinaria
- Turbomaquinaria
- Máquinas Eléctricas
- Procesos de Corte de Materiales
- Ética Profesional

OCTAVO SEMESTRE

- Diseño de Máquinas
- Transferencia de Calor
- Ingeniería de Sistemas
- Introducción a la Economía
- Diseño Automotriz
- Recursos y Necesidades de México

NOVENO SEMESTRE

- Ingeniería Térmica
- Instalaciones Electromecánicas
- Ingeniería Industrial
- Técnicas de Evaluación Económica
- Mecánica Automotriz
- Seminario de Tesis I

QUINTO SEMESTRE

- Dinámica de Sistemas Físicos
- Cinemática de los Mecanismos
- Mecánica de Fluidos Aplicada
- Análisis de Circuitos Eléctricos
- Tecnología de Materiales
- La Vocación Humana

CARRERA:INGENIERIA INDUSTRIAL Y EN SISTEMAS ORGANIZACIONALES

PRIMER SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica I
- Álgebra
- Física
- Dibujo
- Introducción a la Ingeniería
- El Hombre ante los Problemas de la Ciencia y la Tierra

SEGUNDO SEMESTRE

- Cálculo y Geometría Analítica II
- Mecánica I
- Computadoras y Programación
- Introducción al Taller
- El Hombre ante los Problemas de América Latina
- Metodología de las Ciencias

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias
- Mecánica II
- Métodos Numéricos
- Dinámica
- Programación
- Psicología del Mexicano

CUARTO SEMESTRE

- Electricidad y Magnetismo
- Mecánica de Sólidos
- Mecánica de Fluidos
- Programación Aplicada
- Probabilidad y Estadística
- Psicología de la Personalidad

QUINTO SEMESTRE

- Análisis de Circuitos Eléctricos
- Dinámica de Sistemas Físicos
- Elementos de Máquinas
- Electrónica Básica
- Máquinas Hidráulicas
- Administración y Contabilidad
- La Vocación Humana

DECIMO SEMESTRE

- Temas Selectos de Energía
- Temas Selectos de Ingeniería Mecánica
- Aire Acondicionado y Refrigeración
- Administración de Empresas de Ingeniería
- Estudio y Factibilidad de Proyectos

SEXTO SEMESTRE

- Medición e Instrumentación
- Máquinas Térmicas
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería de Sistemas
- Procesos de Manufactura I
- Recursos y Necesidades de México
- El Hombre Frente a la Vida

SEPTIMO SEMESTRE

- Elementos de Control Automático
- Estudio del Trabajo
- Estadística Aplicada
- Introducción a la Economía
- Procesos de Manufactura II
- Ética Profesional

OCTAVO SEMESTRE

- Máquinas Eléctricas
- Diseño de Sistemas Productivos
- Investigación de Operaciones
- Técnicas de Evaluación Económica
- Control Numérico
- Comportamiento Humano de la Organizaciones

NOVENO SEMESTRE

- Instalaciones Electromecánicas
- Administración de la Producción
- Simulación
- Técnicas de Administración Financiera
- Ingeniería de Procesos
- Seminario de Tesis I

DECIMO SEMESTRE

- Mercadotecnia
- Desarrollo Organizacional
- Diseño de Sistemas Administrativos
- Marco Legal de la Empresa
- Estudio y Factibilidad de Proyectos
- Gestión de Proyectos
- Seminario de Tesis II

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

CARRERA: INGENIERIA ELECTRONICA

PRIMER TRIMESTRE

- Física I
- Matemáticas I
- Química I

SEGUNDO TRIMESTRE

- Física II
- Física Experimental Elemental I
- Química II
- Matemáticas II

TERCER TRIMESTRE

- Física III
- Física Experimental Elemental II
- Matemáticas III
- Química III

CUARTO TRIMESTRE

- Análisis Vectorial
- Introducción a la Programación
- Circuitos Eléctricos I
- Electrónica I
- Teoría de Ecuaciones

QUINTO TRIMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales Ordinarias
- Métodos Numéricos
- Circuitos Eléctricos II
- Electrónica II

SEXTO TRIMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales Parciales
- Circuitos Eléctricos III
- Electrónica III
- Circuitos de Conmutación

SEPTIMO TRIMESTRE

- Probabilidad Aplicada
- Electrónica IV
- Circuitos Lógicos I
- Electromagnetismo I

OCTAVO TRIMESTRE

- Programación Avanzada
- Electromagnetismo II
- Circuitos Lógicos II
- Comunicaciones I

NOVENO TRIMESTRE

- Estructura de Datos
- Laboratorio de Comunicaciones I
- Sistemas Digitales I
- Comunicaciones II
- Optativa

DECIMO TRIMESTRE

- Programación de Sistemas I
- Teoría Matemática de la Computación
- Sistemas Digitales II
- Comunicaciones III
- Laboratorio de Comunicaciones II
- Comunicaciones IV
- Optativa

DECIMOPRIMER TRIMESTRE

- Compiladores
- Análisis de Algoritmos
- Sistemas Digitales III
- Proyecto de Ingeniería Electrónica I
- Procesamiento de Señales
- Electrónica de Comunicaciones

DECIMOSEGUNDO TRIMESTRE

- Sistemas Operativos
- Análisis y Diseño de Sistemas de Computación
- Teleinformática
- Comunicaciones V
- Comunicaciones VI
- Proyecto de Ingeniería Electrónica II

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL

AREA BASICA: MATERIAS OBLIGATORIAS

- Prerrequisito de Inglés
- Álgebra Superior
- Cálculo I
- Cálculo II
- Cálculo III
- Mecánica I y Taller
- Laboratorio de Mecánica I
- Mecánica II
- Laboratorio de Mecánica II
- Electricidad y Magnetismo I
- Laboratorio Electricidad y Magnetismo I
- Termodinámica I
- Laboratorio de Termodinámica I
- Dibujo Técnico I
- Taller de Programación I
- Taller de Computación
- Introducción a la Ingeniería
- Economía General

AREA DE INTEGRACION:

- Introducción al Problema del Hombre
- Introducción al Problema Social

AREA MENOR:

SUBSISTEMA 1 (SISTEMAS)

MATERIAS OBLIGATORIAS:

- Informática
- Ingeniería de Sistemas
- Valuación de Proyectos
- Ingeniería Financiera
- Principios de Automatización y Robótica

AREA MENOR:

SUBSISTEMA 2 (PRODUCCION)

MATERIAS OBLIGATORIAS:

- Diseño de Plantas y Manejo de Materiales
- Diseño de Ingeniería del Producto y del Proceso
- Simulación de Sistemas de Producción
- Valuación de Proyectos
- Principios de Automatización y Robótica

CARRERA: INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

AREA BASICA: MAT. OBLIGATORIAS

- Prerrequisito de Inglés
- Álgebra Superior
- Cálculo I
- Cálculo II
- Cálculo III
- Mecánica I y Taller
- Laboratorio de Mecánica I
- Mecánica II
- Laboratorio de Mecánica II

AREA MAYOR: MATERIAS OBLIGATORIAS

- Análisis de Circuitos I y Laboratorio
- Análisis Numérico I
- Mecánica de Materiales y Laboratorio
- Mecánica Aplicada I
- Ingeniería Química
- Ingeniería Eléctrica
- Instalaciones Eléctricas
- Inferencia Estadística
- Técnicas Administrativas
- Ingeniería Económica
- Teoría de Probabilidad
- Sistemas con Computadoras
- Ingeniería de Métodos
- Medición del Trabajo y Laboratorio
- Tecnología de Materiales I y Laboratorio
- Procesos de Manufactura I y Laboratorio
- Procesos de Manufactura II y Laboratorio
- Programación Lineal
- Pronóstico y Control de Calidad
- Planeación, Programación y Control de la Producción
- Diseño de Herramental y Laboratorio

AREA MAYOR: MATERIAS OPTATIVAS

- Temas Selectos de Ingeniería Industrial
- Temas Selectos de Investigación de Operaciones
- Introducción a la Administración

MATERIAS OPTATIVAS:

- Introducción a la Teoría de Colas y Procesos Estocásticos
- Simulación
- Temas Selectos de Investigación de Operaciones
- Administración de Personal
- Planeación Organizacional
- Operación de Empresas de Servicio

MATERIAS OPTATIVAS:

- Fundamentos de Mercadotecnia
- Ingeniería Financiera
- Planeación y Organización del Mantenimiento Industrial
- Administración de Compras y Almacenes
- Ingeniería Humana
- Costos Industriales

AREA MAYOR: MAT. OBLIGATORIAS

- Análisis de Circuitos I y Laboratorio
- Análisis Numérico I
- Mecánica de Materiales y Laboratorio
- Mecánica Aplicada I
- Técnicas Administrativas
- Estadística Aplicada
- Cálculo IV
- Mecánica de Fluidos I

- Electricidad y Magnetismo I
- Laboratorio Electricidad y Magnetismo I
- Termodinámica I
- Laboratorio de Termodinámica I
- Dibujo Técnico I
- Taller de Programación I
- Taller de Computación
- Introducción a la Ingeniería
- Química General
- Laboratorio de Química General

AREA DE INTEGRACION:

- Introducción al Problema del Hombre
- Introducción al Problema Social

AREA MENOR:

SUBSISTEMA 1 (MECANICA)

MATERIAS OBLIGATORIAS:

- Metalurgia Mecánica y Laboratorio
- Procesos de Manufactura II y Laboratorio
- Diseño de Herramental y Laboratorio

AREA MENOR:

SUBSISTEMA 2 (ELECTRICA)

MATERIAS OBLIGATORIAS:

- Máquinas Eléctricas II
- Subestaciones Eléctricas Industriales
- Plantas Generadoras I

CARRERA: INGENIERIA ELECTRONICA Y DE COMUNICACIONES

AREA BASICA: MAT. OBLIGATORIAS

- Prerrequisito de Inglés
- Álgebra Superior I
- Matemáticas Discretas
- Cálculo I
- Cálculo II
- Cálculo III
- Teoría de Probabilidad
- Inferencia Estadística
- Análisis Numérico I
- Mecánica I y Taller
- Laboratorio de Mecánica I
- Mecánica II
- Laboratorio de Mecánica II
- Taller de Programación I

- Tecnología de Materiales I y Laboratorio
- Ingeniería Térmica
- Procesos de Manufactura I y Laboratorio
- Diseño de Máquinas I y Laboratorio
- Transferencia de Calor
- Electrónica Básica y Laboratorio
- Máquinas Eléctricas I y Laboratorio
- Sistemas de Distribución Eléctrica I
- Mecánica Aplicada II y Laboratorio
- Turbomaquinaria y Laboratorio
- Fundamentos de Control y Laboratorio

AREA MAYOR: MAT. OPTATIVAS

- Mecánica de Fluidos II
- Ingeniería Económica
- Aire Acondicionado y Refrigeración
- Máquinas Térmicas y Motores de Combustión y Lab.
- Subestaciones Eléctricas Industriales
- Plantas Generadoras I
- Análisis de Sistemas de Potencia I
- Robótica
- Valuación de Proyectos

MATERIAS OPTATIVAS:

- Temas Selectos de Ingeniería Mecánica
- Instalaciones Eléctricas y Alumbrado
- Tecnología de Materiales II y Laboratorio
- Máquinas Térmicas y Motores de Combustión y Lab.
- Aire Acondicionado y Refrigeración
- Dibujo y Proyecto Mecánico
- Diseño de Máquinas II
- Control de la Contaminación
- Análisis Experimental de Esfuerzos y Laboratorio

MATERIAS OPTATIVAS:

- Diseño de Equipo Eléctrico I y Laboratorio
- Temas Selectos de Ingeniería Eléctrica
- Plantas Generadoras II
- Análisis de Sistemas de Potencia II
- Equipo de Interrupción y Protección y Laboratorio
- Diseño de Equipo Eléctrico II
- Control de Sistemas Eléctricos y Laboratorio
- Pruebas y Mantenimiento de Equipo Eléctrico

AREA MAYOR: MAT. OBLIGATORIAS

- Electricidad y Magnetismo I
- Laboratorio de Electricidad y Magnetismo I
- Programación Estructurada
- Seminario de Ingeniería Electrónica y de Comunicación
- Diseño Lógico y Laboratorio
- Arquitectura y Programación de Procesadores y Lab.
- Taller de Microprocesadores
- Sistemas Lineales
- Control I y Laboratorio
- Análisis de Circuitos I y Laboratorio
- Circuitos Electrónicos y Laboratorio
- Introducción a los Sistemas de Comunicación
- Electrónica Digital y Laboratorio

- Taller de Computación
- Geometría Descriptiva I
- Taller de Expresión y Composición Escrita I
- Introducción a la Ingeniería

AREA DE INTEGRACION:

- Introducción al Problema del Hombre
- Introducción al Problema Social

AREA MENOR (GENERAL):

MATERIAS OPTATIVAS:

- Programación Lógica
- Sistemas Expertos y Laboratorio
- Procesamiento y Filtrado de Señales y Laboratorio
- Arquitectura y Componentes de Microprocesadores y Lab.
- Estructuras y Bases de Datos
- Sistemas de Radiocomunicación
- Temas Selectos de Ing. Electrónica y de Comunicaciones
- Sistemas Electrónicos de Potencia y Laboratorio
- Control II y Laboratorio
- Control Avanzado y Laboratorio
- Proyectos de Instrumentación y Laboratorio
- Sistemas de Instrumentación
- Circuitos de Comunicaciones y Laboratorio
- Comunicaciones Avanzadas
- Teleinformática y Telefonía
- Redes de Computadoras
- Programación de Sistemas
- Aplicaciones de Computadoras y Laboratorio
- Técnicas Administrativas
- Ingeniería Económica
- Valuación de Proyectos
- Programación Lineal
- Sistema de Producción

CARRERA: SISTEMAS COMPUTARIZADOS E INFORMATICA

AREA BASICA: MAT. OBLIGATORIAS

- Álgebra Superior I
- Cálculo I
- Cálculo II
- Matemáticas Discretas
- Teoría Organizacional
- Teoría de Probabilidad
- Inferencia Estadística
- Algoritmos Computacionales Numéricos
- Teoría General de Sistemas
- Taller de Expresión y Composición Escrita I
- Introducción a la Administración
- Contabilidad General
- Economía General
- Introducción a las Finanzas
- Mercadotecnia Básica

AREA MAYOR: MAT. OPTATIVAS

- Programación Lógica
- Sistemas Expertos y Laboratorio
- Procesamiento y Filtrado de Señales y Laboratorio
- Arquitectura y Componentes de Microproc. y Lab.
- Estructuras y Bases de Datos
- Sistemas de Radiocomunicación
- Temas Selectos de Ing. Electrónica y de Com. y Lab.
- Sistemas Electrónicos de Potencia y Laboratorio
- Control II y Laboratorio
- Control Avanzado y Laboratorio
- Proyectos de Instrumentación y Laboratorio
- Sistemas de Instrumentación
- Circuitos de Comunicaciones y Laboratorio
- Comunicaciones Avanzadas
- Teleinformática y Telefonía
- Redes de Computadoras
- Programación de Sistemas
- Aplicaciones de Computadoras y Laboratorio
- Propiedades Electrónicas de la Materia

AREA MAYOR: MAT. OBLIGATORIAS

- Taller de Computación
- Programación de Computadoras I y Laboratorio
- Programación de Computadoras II y Laboratorio
- Sistemas Digitales
- Arquitectura de Comput. y Laboratorio
- Estructura de Datos
- Lenguajes de Programación y Laboratorio
- Planeación de Sistemas
- Análisis y Diseño de Sistemas y Laboratorio
- Implantación y Evaluación de Sistemas
- Ingeniería de Software
- Base de Datos I
- Base de Datos II
- Sistemas Operativos
- Sistemas de Información Gerencial
- Teleinformática
- Adquisición y Administración de Recursos de Cómput
- Programación Lineal
- Simulación
- Análisis de Decisiones
- Auditoría de Sistemas
- Seminario de Investigación
- Proyectos Computacionales I,II,III

SUBSISTEMA 1 (PROGRAMACION DE APLICACIONES)

- Herramientas Automáticas para el Desarrollo de Software
- Graficación por Computadora I y Laboratorio
- Programación Lógica
- Sistemas Expertos y Laboratorio
- Microcomputación Administrativa
- Sistemas de Información para la Dirección
- Implicaciones Sociales de los Sistemas de Información
- Seminario de Programación de Aplicaciones

SUBSISTEMA 3 (MERCADOTECNIA)

- Sistemas de Información para la Dirección
- Mercadotecnia Estratégica
- Conducta del Consumidor
- Investigación de Mercados
- Administración de Ventas y Distribución
- Administración de Publicidad Promocional
- Administración y Estrategia del Producto
- Graficación por Computadora I y Laboratorio
- Mercadotecnia Industrial

SUBSISTEMA 5 (INGENIERIA INDUSTRIAL)

- Economía del Proyecto
- Ingeniería de Métodos
- Medición del Trabajo y Laboratorio
- Planeación, Programación y Control de la Producción
- Planeación y Organización del Mantenimiento Industrial
- Graficación por Computadora I y Laboratorio
- Pronóstico y Control de Calidad

SUBSISTEMA 2 (PROGRAMACION DE SISTEMAS)

- Lenguajes de Programación de Sistemas
- Diseño de Compiladores y Laboratorio
- Arquitecturas Avanzadas
- Redes y Sistemas Distribuidos
- Graficación por Computadora I y Laboratorio
- Diseño de Sistemas Operativos y Laboratorio
- Evaluación del Desempeño de los Sistemas
- Seminario de Programación de Sistemas

SUBSISTEMA 4 (FINANZAS)

- Laboratorio de Computación
- Matemáticas I
- Matemáticas Financieras
- Administración de Costos
- Análisis Financiero
- Planeación Financiera
- Administración de la Inversión en la Empresa
- Administración Presupuestaria
- Mercado de Dinero y Capital
- Graficación por Computadora I y Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CARRERA: INGENIERO MECANICO-ELECTRICISTA

AREA: INDUSTRIAL

PRIMER SEMESTRE

- Computadoras y Programación
- Geometría Analítica
- Introducción a la Ingeniería
- Álgebra
- Cálculo Diferencial e Integral

SEGUNDO SEMESTRE

- Dibujo
- Estática
- Química
- Álgebra Lineal
- Cálculo Vectorial

TERCER SEMESTRE

- Comunicación Oral y Escrita
- Cinemática
- Química Aplicada
- Ecuaciones Diferenciales
- Electricidad y Magnetismo

CUARTO SEMESTRE

- Introducción a la Economía
- Dinámica
- Estudio del Trabajo
- Métodos Numéricos
- Sistemas Electromecánicos

QUINTO SEMESTRE

- Termodinámica
- Introducción a la Tecnología de Materiales
- Productividad
- Administración Contabilidad y Costos
- Probabilidad y Estadística

MODULOS OPCIONALES:

1) MODULO DE SISTEMAS ADMINISTRATIVOS

- Ingeniería Financiera
- Planeación
- Administración de Operaciones
- Sistemas de Comercialización

OPTATIVAS:

- Sistemas de Mejoramiento Ambiental
- Temas Selectos de Sistemas Administrativos
- Sociología

SEXTO SEMESTRE

- Termodinámica
- Fundamentos de Mecánica de Sólidos
- Técnicas de Optimización
- Electrónica Industrial
- Estadística Aplicada

SEPTIMO SEMESTRE

- Técnicas de Evaluación Económica
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Sistemas de Cómputo
- Instrumentación y Control
- Máquinas Eléctricas

OCTAVO SEMESTRE

- Diseño de Sistemas Productivos
- Procesos de Manufactura
- Asignatura Módulo Opcional
- Instalaciones Electromecánicas
- Calidad

NOVENO SEMESTRE

- Evaluación de Proyectos
- Seminario de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
- Planeación y Control de la Producción
- Asignatura Módulo Opcional
- Asignatura Módulo Opcional

DECIMO SEMESTRE

- Recursos y Necesidades de México
- Gestión de Empresas
- Asignatura Módulo Opcional
- Automatización y Robótica
- Asignatura Módulo Opcional

2) MODULO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

- Procesos Industriales
- Manufactura Integrada por Computadora
- Relaciones Laborales y Comportamiento Humano
- Sistemas de Mejoramiento Ambiental

OPTATIVAS:

- Ingeniería Financiera
- Temas Selectos de Sistemas Productivos
- Sociología

CARRERA: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: MECANICA

PRIMER SEMESTRE

- Computadoras y programación
- Geometría Analítica
- Introducción a la Ingeniería
- Álgebra
- Cálculo Diferencial e Integral

SEGUNDO SEMESTRE

- Dibujo
- Estática
- Química
- Álgebra Lineal
- Cálculo Vectorial
- Laboratorio de Manufactura

TERCER SEMESTRE

- Ecuaciones Diferenciales
- Cinemática
- Termodinámica
- Electricidad y Magnetismo
- Dibujo Mecánico
- Comunicación Oral y Escrita

CUARTO SEMESTRE

- Tecnología de Materiales I
- Dinámica
- Métodos Numéricos
- Fundamentos de Mecánica de Sólidos
- Introducción a la Economía

QUINTO SEMESTRE

- Tecnología de Materiales II
- Termodinámica Aplicada
- Probabilidad y Estadística
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Sistemas Electromecánicos

MODULOS OPCIONALES:

1) FABRICACION Y DISEÑO MECANICO

- Sistemas de Manufactura Flexible (L+)
- Diseño de Herramental (L+)
- Metalurgia Mecánica
- OPTATIVAS:**
- Vibraciones Mecánicas
- Robótica (L+)
- Instalaciones Electromecánicas
- Temas Selectos de Fabricación y Diseño Mecánico
- Calidad

SEXTO SEMESTRE

- Procesos de Conformado de Materiales
- Elementos de Mecánica de Fluidos
- Costos y Evaluación Económica
- Introducción al Estudio de Mecanismos
- Electrónica Industrial

SEPTIMO SEMESTRE

- Procesos de Corte de Materiales
- Turbomaquinaria
- Dinámica de Fluidos
- Analisis Dinámico de Maquinaria
- Instrumentación y Control

OCTAVO SEMESTRE

- Transferencia de Calor
- Laboratorio de Máquinas Térmicas
- Laboratorio de Mecánica de Fluidos
- Máquinas de Desplazamiento Positivo
- Máquinas Eléctricas

NOVENO SEMESTRE

- Ingeniería de Procesos Industriales
- Diseño y Manufactura por Computadora
- Seminario de Ingeniería Mecánica Eléctrica
- Optativa 1
- Optativa 2

DECIMO SEMESTRE

- Optativa 3
- Recursos y Necesidades de México
- Optativa 4
- Diseño de Máquinas
- Optativa 5

2) INGENIERIA DE PROYECTOS Y ENERGIA

- Plantas Termoeléctricas
- Diseño de Equipo de Proceso
- Aire Acondicionado y Refrigeración (L-)
- OPTATIVAS:**
- Proyectos de Instalaciones Industriales
- Sistemas de Mejoramiento Ambiental
- Ingeniería Energética
- Temas Sel. de Ingeniería de Proyectos y Energía
- Calidad

CARRERA: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA: ELECTRICA ELECTRONICA

PRIMER SEMESTRE

- Computadoras y Programación
- Geometría Analítica
- Introducción a la Ingeniería
- Álgebra
- Cálculo Diferencial e Integral

SEGUNDO SEMESTRE

- Comunicación Oral y Escrita
- Estática
- Álgebra Lineal
- Cálculo Vectorial
- Dibujo

TERCER SEMESTRE

- Programación Aplicada
- Cinemática
- Ecuaciones Diferenciales
- Electricidad y Magnetismo
- Termodinámica

CUARTO SEMESTRE

- Métodos Numéricos
- Dinámica
- Análisis de Sistemas y Señales
- Óptica
- Termodinámica

QUINTO SEMESTRE

- Introducción a la Economía
- Probabilidad y Estadística
- Análisis de Circuitos Eléctricos
- Dinámica de Sistemas Físicos
- Teoría Electromagnética

MODULOS OPCIONALES:

1) COMUNICACIONES:

- Sistemas de Comunicaciones (L+)
- Radiación y Propagación (L+)
- Procesamiento Digital de Señales
- Radio, Microondas y Satélites

OPTATIVAS:

- Circuitos para Comunicaciones
- Sistemas de Comunicaciones II
- Temas Selectos de Comunicaciones
- Calidad

3) SISTEMAS DIGITALES:

- Diseño de Sistemas con Microprocesadores
- Diseño de Sistemas Digitales
- Circuitos Digitales
- Transmisión de Datos

OPTATIVAS:

- Programación de Sistemas
- Control de Procesos
- Temas Selectos de Sistemas Digitales
- Calidad

SEXTO SEMESTRE

- Transformadores y Motores de Inducción
- Diseño Lógico
- Dispositivos Electrónicos
- Control Analógico
- Medición e Instrumentación

SEPTIMO SEMESTRE

- Máquinas Síncronas y de Corriente Directa
- Electrónica Digital
- Amplificación de Señales
- Electrónica Analógica
- Filtrado y Modulación

OCTAVO SEMESTRE

- Sistemas Eléctricos de Potencia I
- Microprocesadores
- Control Digital
- Laboratorio Equipo Eléctrico
- Laboratorio de Electrónica
- Comunicaciones Digitales

NOVENO SEMESTRE

- Sistemas Eléctricos de Potencia II
- Costos y Evaluación Económica
- Electrónica de Potencia
- Asignatura Módulo Opcional
- Asignatura Módulo Opcional

DECIMO SEMESTRE

- Recursos y Necesidades de México
- Seminario de Ingeniería Mecánica Eléctrica
- Asignatura Módulo Opcional
- Asignatura Módulo Opcional
- Asignatura Módulo Opcional

2) ELECTRONICA:

- Instrumentación Electrónica (L+)
- Circuitos para Comunicaciones
- Sistemas Electrónicos de Potencia
- Sistemas Analógicos (L+)

OPTATIVAS:

- Control de Procesos
- Audio y Video
- Temas Selectos de Electrónica
- Calidad

4) ENERGIA ELECTRICA:

- Protección de Sistemas Eléctricos (L+)
- Plantas Generadoras(L)
- Sistemas de Distribución (L)
- Instalaciones Eléctricas Industriales

OPTATIVAS:

- Sistemas de Transporte Eléctrico
- Iluminación
- Temas Selectos de Energía Eléctrica
- Calidad

CARRERA: INGENIERO EN COMPUTACION

PRIMER SEMESTRE

- Computadoras y Programación
- Álgebra
- Cálculo Diferencial e Integral
- Geometría Analítica
- Introducción a la Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

- Programación, Estructura y Características de Lenguajes
- Álgebra Lineal
- Cálculo Vectorial
- Comunicación Oral y Escrita
- Administración Contabilidad y Costos

TERCER SEMESTRE

- Estructuras de Datos
- Métodos Numéricos
- Electricidad y Magnetismo
- Ecuaciones Diferenciales
- Introducción a la Economía

CUARTO SEMESTRE

- Estructuras Discretas
- Ingeniería de Sistemas
- Probabilidad y Estadística
- Análisis de Sistemas y Señales
- Técnicas de Evaluación Económica

QUINTO SEMESTRE

- Lenguajes Formales y Automatas
- Programación de Sistemas
- Investigación de Operaciones
- Dinámica de Sistemas Físicos
- Análisis de Circuitos Eléctricos

ASIGNATURAS OPTATIVAS:

- Bioingeniería
- Calidad
- Diseño Asistido por Computadora
- Graficación por Computadora
- Procesamiento Digital de Imágenes
- Procesamiento Digital de Señales
- Reconocimiento de Patrones
- Robótica
- Sistemas Expertos
- Sociología
- Temas Especiales de Computación

SEXTO SEMESTRE

- Ingeniería de Programación
- Sistemas Operativos
- Diseño Lógico
- Control Analógico
- Dispositivos Electrónicos

SEPTIMO SEMESTRE

- Memorias y Periféricos
- Diseño de Sistemas Digitales
- Laboratorio de Electrónica
- Electrónica Analógica
- Filtrado y Modulación
- Medición e Instrumentación

OCTAVO SEMESTRE

- Organización de Computadoras
- Compiladores
- Bases de Datos
- Comunicaciones Digitales
- Control Digital

NOVENO SEMESTRE

- Microcomputadoras
- Inteligencia Artificial
- Optativa
- Optativa
- Organización y Administración de Centros de Cómputo

DECIMO SEMESTRE

- Seminario de Ingeniería en Computación
- Recursos y Necesidades de México
- Optativa
- Optativa
- Redes de Computadoras

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CARRERA: INGENIERIA EN ROBOTICA

PRIMER SEMESTRE

- Matemáticas I
- Física I
- Mecánica I (Estática)
- Proyecto (Programación y Técnica de Cómputo)
- Dibujo
- Humanidades I

SEGUNDO SEMESTRE

- Matemáticas II
- Mecánica II (Dinámica)
- Ciencia de los Materiales I
- Administración Industrial
- Termodinámica I
- Mecánica de Fluidos I

TERCER SEMESTRE

- Matemáticas III
- Mecánica II (Teoría de Mecanismos y Máqs. Orientados a la Autom.)
- Ciencia de los Materiales II
- Ingeniería Eléctrica I
- Termodinámica II
- Mecánica de Fluidos II
- Resistencia de Materiales I

CUARTO SEMESTRE

- Ingeniería Eléctrica II
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Intercambiabilidad de los Elementos, Estandarización y Mediciones Técnicas
- Teoría y Medios Técnicos de Control Automático
- Tecnología de Máqs. Herramientas
- Economía y Planificación de la Producción Discreta

QUINTO SEMESTRE

- Introd. a la Robótica y Automatización de la Prod. Discreta
- Principios de Automatiz. de Bajo Costo para la Prod. Discreta
- Diseño y Cálculo de Máquinas Automáticas de Producción
- Módulos Automatizados con Robots Industriales
- Tecnologías y Procesos Progressivos de la Prod. Discreta
- Líneas de Producción Automáticas para la Prod. Discreta en Masa y/o Grandes Series

SEXTO SEMESTRE

- Automat. de los Proc. de Ensamble de la Prod. Discreta
- Sist. de Control de Complejos Automat. de Producción y de Módulos Tecnológicos
- Automatización del Diseño y Construcción (CAD)
- Automatiz. del Ensamble en los Proc. de Prod. Discreta
- Complejos Automáticos Flexibles y Automatiz. de la Prod. Discreta en Series
- Principios Teóricos de la Prod. Discreta Completamente Autom. e Integrada por Comp.

SEPTIMO SEMESTRE

- Modernización y Reconstruc. de Prod. Automatizada ya Existente
- Tecnol. de Innovación para Automatizar la Prod. Discreta
- Optimización Tecnol. del Diseño de las Maquinas. Automáticas para la Prod. Discreta
- Fiabilidad en los Complejos Automatizados
- Aplicación de la Tecnol. de Microprocesadores para el Control de Robots
- Métodos Modernos Para Elaborar Piezas en Bruto

OCTAVO SEMESTRE

- Construcción de Robots y Módulos Robotizados
- Sistemas Rígidos de Prod. y Sist. Fiables
- Sist. Modernos de Control de Plantas Autom. y de Prod. Discreta Automatizada
- Métodos Eficientes Para Diseñar y Construir Complejos Automatizados de Producción
- Problemas de la Presentación Ergonómica y de Dis. de los Complejos Automáticos y de las Prod. Discretas Autom.