

Metodología de Diseño Mecatrónico

# Historia del Control Automático

Como antecedente de la  
Mecatrónica

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

Metodología de Diseño Mecatrónico

# Historia del Control Automático...

- Primera etapa del control: Hasta 1900
- El periodo Preclasico: 1900-1940
- El periodo clasico: 1935-1960
- El control moderno: Posterior a 1955

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

Metodología de Diseño Mecatrónico

# Primera Etapa del Control...

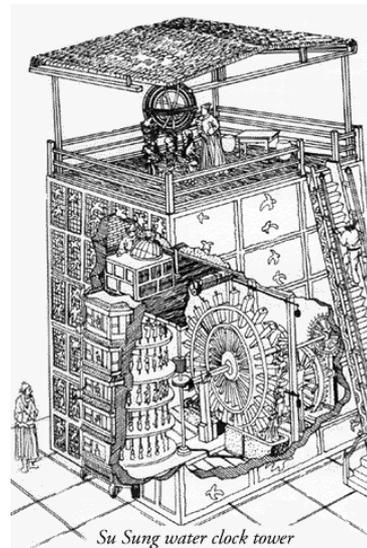
Hasta 1900

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

Metodología de Diseño Mecatrónico

Relojes de Agua:

- Egipto
- Grecia
- China



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

Gobernador de Watt:



Problema:

Más Vapor = Aceleración de Movimiento

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Historia del Control Automático...

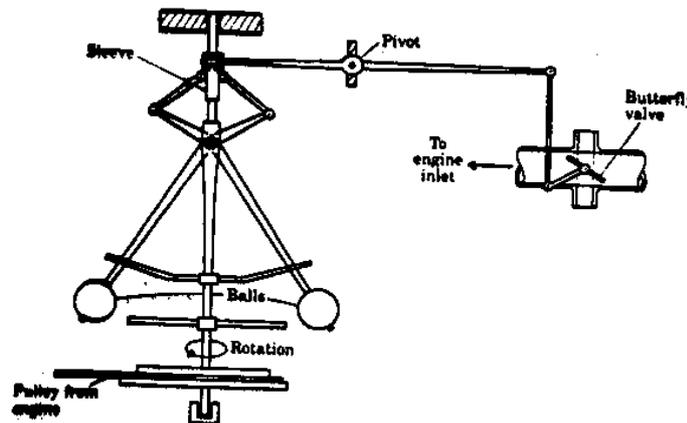
Gobernador de Watt:

¿ Cuánto vapor proveer al sistema para que la velocidad fuera constante a una carga variable ?

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### • 1728, Watt - Flyball governor



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### PRIMERA ETAPA

1. Durante el siglo XIX todos los mecanismos de control eran en su mayoría controladores directos. La energía requerida para operar el actuador era proporcionado por el sistema de medición (sensor).
2. Medición de presiones, temperaturas, niveles de líquido.

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

# El Período Pre-clásico....

1900-1935

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

# Controladores por retroalimentación...

En los primeros años de los 1900's se desarrollaron los primeros controladores por retroalimentación, por ejemplo:

Por voltaje.

Por corriente.

Por regulación de frecuencia.

Por generación de vapor.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### De 1909 a 1929...



- Los instrumentos en esta época, eran usados principalmente para:
- Medición.
- Indicación.
- Grabación.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### De 1909 a 1929...

- En la industria se usaron principalmente y con un gran crecimiento para:
- La medición de temperaturas, de presiones y control de flujos.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### De 1909 a 1929...



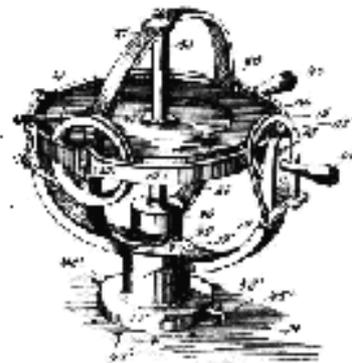
- En esta época todos los dispositivos eran usados principalmente para regular y no se necesitaba entender mucho de controladores.

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Creación del “Ship-Steering”..

- En 1911, Elmer Sperry, creó el mecanismo automático “ship-steering”, que consistía en regular a embarcaciones en situaciones de perturbación causadas por el océano. Utilizando aquí, leyes mucho más complicadas, no utilizadas anteriormente.



The gyroscope, key component of the gyroscopic compass

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### En los 1920's....



- Distintos instrumentos se desarrollaron para el sistema de control de calderas.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

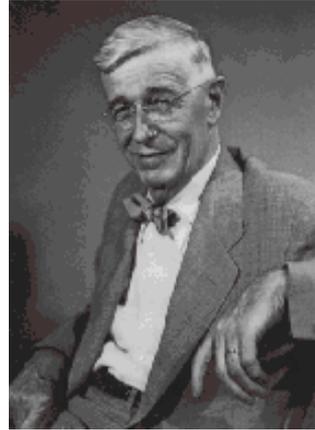
### Principales problemas en esta época...

- La falta de entendimiento teórico en el área de ingeniería, así como un no entendimiento en un lenguaje común.
- La falta de métodos de aplicación y diseños simples.

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Análisis de Minorky...

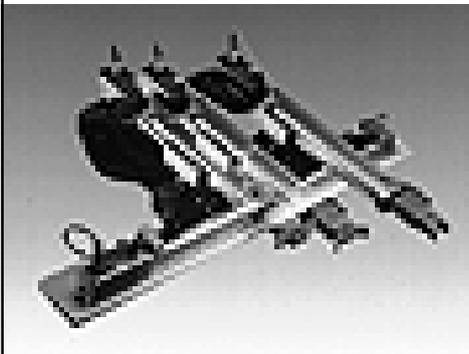
- En 1922 Nicholas Minorky presentó un claro análisis de control involucrando el posicionamiento del sistema de control y formulando una ley de control con realimentación.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Otros desarrollos...



- Contemporáneo a este tiempo Clesson E. Mason desarrollo un amplificador neumático de retroalimentación negativo.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Otros desarrollos...

- En los 1930's Vannevar Bush desarrollo una máquina analógica calculadora.
- Esta máquina simulaba el comportamiento dinámico de un sistema mediante la solución de ecuaciones numéricas diferenciales.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Período Clásico...

1935-1960

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### El periodo Clásico: 1935 – 1960...

Durante el periodo de 1935 – 1940, los avances en el entendimiento del análisis y diseño de los sistemas de control fueron realizados independientemente por muchos grupos de distintas nacionalidades.

Los trabajos más relevantes y conocidos se derivaron de tres grupos que trabajaban en U.S.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### AT & T...

Continuaron con sus trabajos para encontrar diversas maneras de expandir el ancho de banda de sus sistemas de comunicación.

El ideal al que querían llegar era encontrar un aumento sobre la amplitud de el ancho de banda que manejaban por medio de un retraso de fase. Los Ingenieros trabajaron en los laboratorios Bell y determinaron que al alcanzar estas características el retraso de fase era muy largo.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### AT & T...

Hendrik Bode quien había realizado estudios en cuanto al dominio de frecuencias, introdujo el concepto de aumento y márgenes de fase, y el aumento limitado del ancho de banda.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Compañías de Fundición de hierro...



El segundo grupo integrado por físicos e ingenieros mecánicos, los cuales trabajan en procesos industriales, comenzaron Sistemáticamente con el entendimiento teórico de los sistemas de control que usaban.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### MIT...

El tercer grupo estaba formado por ingenieros eléctricos como Harold Hazen y Gordon. S. Brown.



Usaron métodos de dominio del tiempo basados en las técnicas del operador y comenzaron con el uso de diagramas de bloques, además de que utilizaron un analizador diferencial para simular los sistemas de control.

La segunda guerra mundial ayudó a que estos estudios fueran utilizados para problemas muy específicos.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

Los logros de la era clásica comenzaron a consolidarse y a diseminarse en libros publicados durante 1940 y 1950. El primer libro dedicado a los sistemas de control fue publicado en 1942, llamado Automatic Control Engineering.

Estudios sobre frecuencias y métodos de diseño continuaron durante los años 50. Se realizaron avances en cuanto al diseño de métodos para sistemas no lineales, existió una propagación acerca de los mecanismos y sistemas de control en diversas partes del mundo.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

# El Control Moderno...

Posterior a 1955

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

# Control Moderno...

El primer problema fue esencialmente el control de objetos balísticos, y fue así como se pudieron construir modelos físicos muy detallados en términos de ecuaciones diferenciales. Surgió la necesidad de construir instrumentos de medición y otros componentes con una alta precisión.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- Los ingenieros que trabajaban en la industria aeroespacial siguieron el ejemplo de Poincaré que formulaba las ecuaciones diferenciales generales en términos de un juego de ecuaciones de primer orden.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

Entre 1948 y 1952 Richard Bellman, que trabajaba en el departamento de matemáticas de la Corporación RAND, estudió el problema de determinar la distribución de los misiles para causar el máximo daño en un blanco. Este trabajo le permitió formular el “principio de optimización” y la programación dinámica



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- En los últimos años de la década de 1950, Bellman comenzó a trabajar en la teoría de óptimo control, al principio usando el cálculo de variaciones y después buscando la manera de resolver problemas de optimización determinística usando programación dinámica.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- Las formulaciones de mecánica analítica creada por Lagrange y Hamilton, los progresos de Bellman y la cada vez mas disponibilidad de computadoras, permitieron resolver problemas cada vez mas complejos del control automático.

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- Michael Athans sentó el origen de lo que hoy es llamada la teoría del control moderna en 1956, y en septiembre del mismo año se celebró una conferencia internacional de control automático organizada por el comité de control de la VDI y la VDE en Heilderberg Alemania.



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- Durante la conferencia, un grupo de delegados resolvió formar una organización internacional con el fin de promover el progreso del control automático. También se formó una federación internacional. La Federación Internacional de Control automático (IFAC, siglas en ingles), se consolidó oficialmente el 11 y 12 de septiembre de 1957 en París.



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

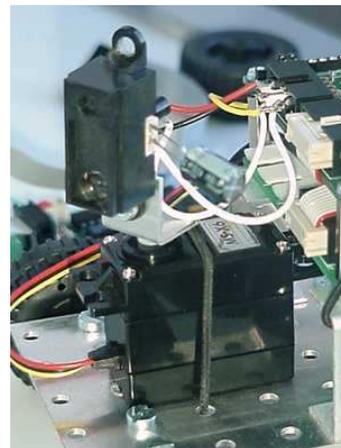
- La Conferencia de Moscú fue un símbolo muy importante del cambio de dirección que se había estado desarrollando lentamente durante los 50's. En esta conferencia Kalman presentó un documento muy importante "On the General Theory
- of Control Systems" en el que mostró la dualidad que existe entre los problemas de *multivariable feedback control* y *multivariable feedback filtering* dándole con esto un nuevo enfoque a los problemas de control óptimo.

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

Los métodos de tiempo-respuesta Mejoraron cuando Kalman y Bucy atacaron los problemas de filtrado. Su trabajo, además de producir el filtro de Kalman-Bucy, demostró el rol básico del *feedback* en la teoría de filtrado.



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

El desarrollo del control moderno  
Se impulsó notablemente con  
El uso de la computadora digital  
durante los años  
1950 y 1960's

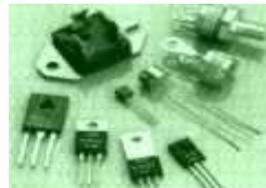


Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

El diseño y la implementación de  
sistemas prácticos fue mucho  
más fuertemente influenciado  
a través de “el reemplazar  
los tubos electrónicos  
por semiconductores  
tales como los diodos y transistores.”



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- En los primeros años de la década de los 60's la computadora digital se comenzó a usar "en línea" (on-line) para coleccionar datos para optimización y supervisión del control. Sin embargo, el uso generalizado del control "en línea" no ocurrió sino hasta principios de 1970.

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

Un entusiasta de la computadora fue Donald P. Eckman, quien persuadió en 1950 a algunas compañías para apoyar el programa de investigación.

"Sistemas complejos de Control"  
Eckman promovió el concepto de Automatización, con la imagen popular:  
Mecanización de la manufactura.



Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

- Al final de la década, Eckman apoyó la “Ingeniería en Sistemas” con la idea de que lo que la industria necesitaba eran ingenieros con una visión completa y con la habilidad de enfrentar los problemas analíticamente y adecuar modelos matemáticos diestramente.

Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Control Moderno...

La evolución de los sistemas de control se efectúa cada vez más rápido. Esto es, en períodos de tiempo cada vez más cortos se desarrollan más y mejores dispositivos.

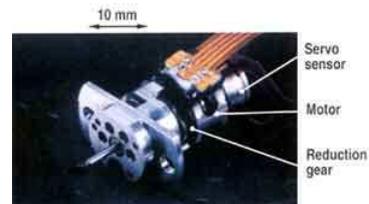


Dr. José Emilio Vargas Soto, emilio@mecatronica.net

## Metodología de Diseño Mecatrónico

y...surge la Mecatrónica

**Ko Kikuchi en 1972**  
**define el concepto de la Mecatrónica**  
**como una unión de Ingeniería Mecánica**  
**y Electrónica para mejorar y automatizar**  
**productos y procesos en Yaskawa Co.**



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Official definition of industrial robot

The Robot Institute of America define a robot as a multi-function and reprogrammed manipulator used to transfer materials, tools or bodies, with different movements that are easily programmed to have flexibility in the tasks made with the robot.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

### Mi opinión personal de lo que es un robot

Es una máquina mecatrónica capaz de realizar movimientos programados o dirigidos con el propósito de realizar tareas de manipulación bajo una evaluación interactiva de sus condiciones internas y externas



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

Para más información sobre el inicio de la Mecatrónica,  
Consultar los siguientes artículos:

“Metodología Aplicada al Desarrollo  
de Máquinas Mecatrónicas”

“The what, why and how of mechatronics”

“Intelligent Mechatronics”

“Mecha...what”

Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

**Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.**  
**www.mecamex.net**

### *Misión*

Impulsar el desarrollo de la Mecatrónica a través de vincular las instituciones de educación superior, centros de investigación e industrias facilitando la realización de desarrollos tecnológicos, de investigación y formación de recursos humanos.



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)

## Metodología de Diseño Mecatrónico

**Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.**  
**www.mecamex.net**



Dr. José Emilio Vargas Soto, [emilio@mecatronica.net](mailto:emilio@mecatronica.net)