


 Universidad  
Rey Juan Carlos

## Tema 1: Conceptos básicos

Susana Borromeo  
 Juan Antonio Hernández- Tamames  
 Curso 2014-2015

Control y Automatización. 2014/2015

1


 Universidad  
Rey Juan Carlos

## Contenidos Control y Automatización

1. Conceptos básicos.
2. Modelado matemático de sistemas Físicos. Linealización .  
Función de Transferencia
3. Análisis de sistemas en el dominio del Tiempo
4. Análisis de los sistemas en el dominio de la Frecuencia
5. Sistemas de Control. Análisis dinámico y Frecuencial
6. Acciones básicas de control: Reguladores PD, Pi, PDI.
7. Autómatas Programables. buses de campo

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**


 Universidad Rey Juan Carlos

## Fundamentos matemáticos

- **Sistemas de Control Automático. Benjamín C. KUO. Séptima Edición. Pearson**

1. Variable compleja
2. Ecuaciones diferenciales
3. Transformada de Laplace
4. Descomposición en Fracciones simples
5. Álgebra de matrices
6. Ecuaciones de estado
7. Transformada z.



Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

4

- Definición
- Sistema de Control: Aplicaciones
- Componentes de un Sistema de Control
- Historia de los Sistemas de Control
- Representación de Sistemas de Control
- Ejemplos de Sistemas de Control
- Etapas en el Diseño de Sistemas de Control
- Mecatrónica.
- Bibliografía.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99


5

## Definición de “Regulación Automática”

Definición 1.-

- La regulación automática es una rama de la ingeniería que se ocupa del control de un proceso en un estado determinado; por ejemplo, mantener la temperatura de una calefacción, el rumbo de un avión o la velocidad de un automóvil en un valor establecido.

5

Control y Automatización. 2014/2015


6

## Definición de “Regulación Automática”

Definición 2.-

- Es la ciencia que trata del modelado matemático de los sistemas de control sobre procesos para que estos se mantengan estables en su ciclo de trabajo ante cualquier perturbación y respondan según lo esperado ante los estímulos internos y/o externos del sistema.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**


 Universidad Rey Juan Carlos

## Sistemas de Control. Aplicaciones 7

- Procesos industriales
- Transporte
  - Autos
  - Trenes
  - Barcos
  - Aviones
  - Naves espaciales
- Generación de energía
- Transmisión de energía
- Mecatrónica
- Instrumentación
- Artefactos electrónicos
- Economía
- Medicina

Un mejor control es la clave tecnológica para lograr

- productos de mayor calidad
- minimización de desperdicios
- protección del medio ambiente
- mayor rendimiento de la capacidad instalada
- mayores márgenes de seguridad

7

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Sistemas de Control. Aplicaciones 8



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 9

El éxito en ingeniería de control se apoya en tener un enfoque «global» de los problemas. Algunos de los elementos a tener en cuenta:

- la planta, el proceso a ser controlado
- los objetivos
- los sensores
- los actuadores
- las comunicaciones
- el cómputo
- la configuración e interfaces
- los algoritmos
- las perturbaciones e incertidumbres

9

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 10

### La planta

La estructura física de la planta es una parte intrínseca del problema de control.

Por lo tanto, l@s ingenier@s de control deben estar familiarizados con la «física» del proceso bajo estudio.

Esto incluye conocimientos básicos de balances de energía, balances de masas, y flujo de materiales en el sistema.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

**Cartagena99**


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 11

### Objetivos

Antes de diseñar sensores, actuadores, o configuraciones de control, es importante conocer los objetivos de control.

Estos incluyen

- Qué es lo que se pretende alcanzar (reducción de energía, mayor producción, etc.).
- Qué variables deben controlarse para alcanzar los objetivos.
- Qué nivel de calidad se necesita (precisión, velocidad, etc.).

11

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 12

### Los sensores

Los sensores son los *ojos* del sistema de control, que le permiten *ver* qué está pasando. De hecho, algo que suele decirse en control es:

*Si se puede medir, se puede controlar.*

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

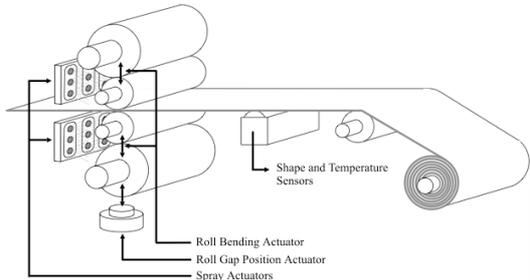
## Elementos de un Sistema de Control

13

### Los actuadores

Una vez ubicados los sensores para informar el *estado* de un proceso, sigue determinar la forma de *actuar* sobre el sistema para hacerlo ir del estado actual al estado deseado.

Un problema de control industrial típicamente involucrará varios actuadores distintos (ejemplo: tren de laminación).



13

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control

14



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 15

### Las comunicaciones

La interconexión de sensores y actuadores requieren el uso de sistemas de comunicación.

Una planta típica va a tener miles de señales diferentes que deberán ser transmitidas largas distancias. Así, el diseño de sistemas de comunicación y sus protocolos asociados es un aspecto cada vez más importante de la ingeniería de control moderna.

*PROFINET, INDUSTRIAL ETHERNET, PROFIBUS y AS-i.*

[https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com\\_industriales/pages/comunicaciones\\_industriales.aspx](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com_industriales/pages/comunicaciones_industriales.aspx)

15

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 16

### Configuración e interfaces

La cuestión de qué se conecta con qué no es trivial en el diseño de un sistema de control. Podría pensarse que lo mejor siempre sería llevar todas las señales a un punto central, de manera que cada acción de control esté basada en información completa (el denominado *control centralizado*).

Sin embargo, esta raramente es la mejor solución en la práctica. De hecho, hay muy buenas razones por las que no conviene llevar todas las señales a un punto común. Algunas obvias son complejidad, costos, limitaciones en tiempo de cómputo.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control

17

### Típica jerarquía de control

Nivel	Descripción	Meta	Tiempos	Herramienta de diseño típica
4	Optimización global de la planta	Satisfacer los pedidos de los clientes y organizar el suministro de materiales	C/día	Optimización estática
3	Optimización en régimen permanente a nivel unidad operacional	Lograr la operación eficiente de una unidad (e.g., columna de destilación)	C/hora	Optimización estática
2	Control dinámico a nivel unidad operacional	Lograr los puntos de operación especificados en el nivel 3 con rápida recuperación de perturbaciones	C/minuto	Control multivariable (e.g., control predictivo basado en modelo)
1	Control dinámico a nivel de actuador	Lograr los caudales de flujo especificados en el nivel 2 mediante manipulación de los actuadores disponibles	C/segundo	Control monovariable (e.g. PID)

17

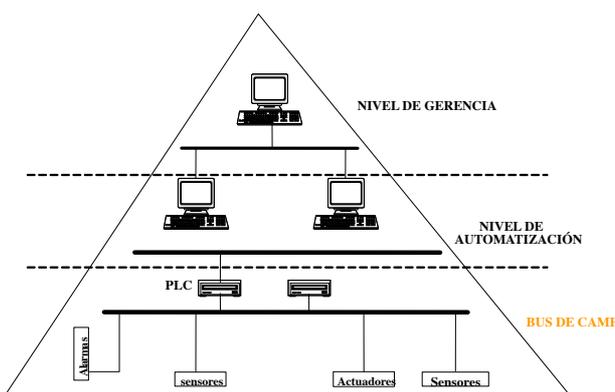
Control y Automatización, 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control

18

### Redes Industriales



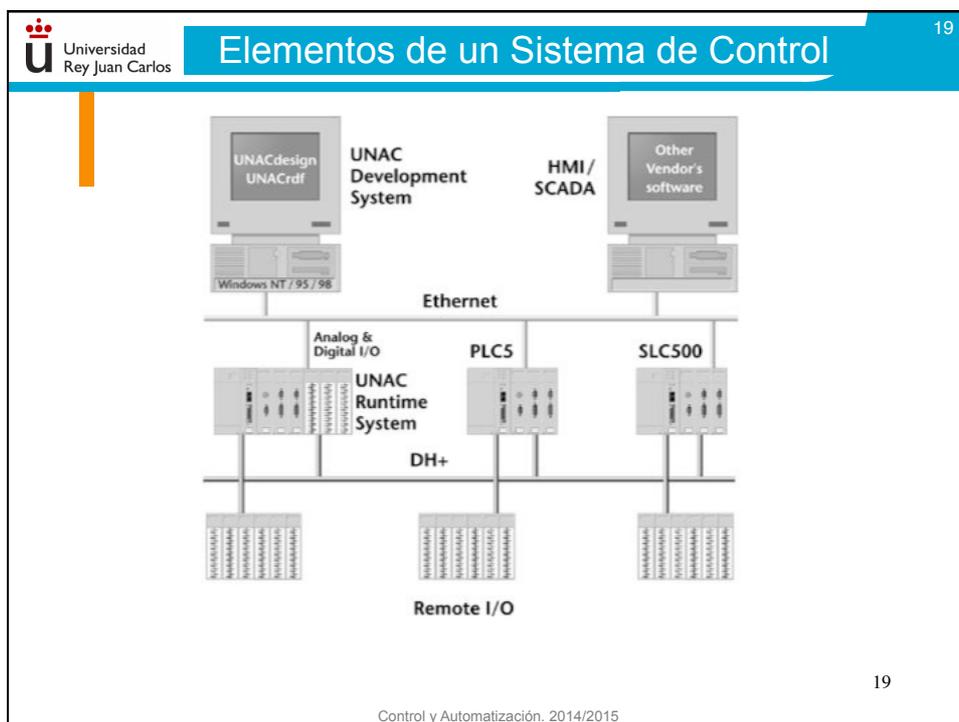
NIVEL DE GERENCIA  
 NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN  
 BUS DE CAMPO

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99



Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control

20

### El cómputo

En los sistemas de control modernos la interconexión de sensores y actuadores se hace invariablemente a través de una computadora de algún tipo. Por lo tanto, los aspectos computacionales son necesariamente una parte del diseño general.

Los sistemas de control actuales usan una gama de dispositivos de cómputo, que incluyen DCS (sistemas de control distribuido), PLC (controladores lógicos programables), PC (com-

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 21

### Algoritmos

Finalmente, llegamos al *corazón* de la ingeniería de control: los algoritmos que conectan sensores y actuadores. Es muy fácil subestimar este aspecto final del problema.

Como ejemplo simple de nuestra experiencia diaria, consideremos el problema de jugar tenis a primer nivel internacional. Claramente, se necesita buena visión (sensores) y fuerza muscular (actuadores) para jugar tenis en este nivel, pero estos atributos no son suficientes. De hecho, la coordinación entre ojos y brazo es también crucial para el éxito.

En resumen:

*Los sensores proveen los ojos, y los actuadores los músculos; la teoría de control provee la destreza.*

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Elementos de un Sistema de Control 22

### Perturbaciones e incertidumbre

Uno de los factores que hacen a la ciencia del control interesante es que todos los sistemas reales están afectados por ruido y perturbaciones externas.

Estos factores pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del sistema. Como ejemplo simple, los aviones están sujetos a ráfagas de vientos y pozos de aire; los controladores de crucero de los automóviles deben adecuarse a diferentes condiciones de la ruta y diferentes cargas del vehículo.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

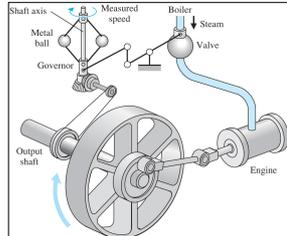
**Cartagena99**



## Historia de los Sistemas de Control

**Tabla 1.1. Desarrollo histórico seleccionado de los sistemas de control**

1769	Máquina de vapor y controlador desarrollado por James Watt. La máquina de vapor de Watt se utiliza con frecuencia para marcar el comienzo de la Revolución Industrial en Gran Bretaña. Durante la Revolución Industrial, se produjeron grandes logros en el desarrollo de la mecanización una tecnología que precede a la automatización.
1800	El concepto de Eli Whitney de fabricación de piezas intercambiables se demostró en la producción de fusiles. El desarrollo de Whitney se considera a menudo como el comienzo de la producción en masa.
1868	J. C. Maxwell formula un modelo matemático para el controlador de la máquina de vapor.
1913	Introducción de la máquina de ensamblaje mecanizado de Henry Ford para la producción de automóviles.
1927	H. W. Bode analiza los amplificadores realimentados.
1932	H. Nyquist desarrolla un método para analizar la estabilidad de sistemas.
1952	Control numérico (CN) desarrollado en el Massachusetts Institute of Technology para el control de ejes de máquinas de herramientas.
1954	George Devol desarrolla el concepto de «transferencia de artículos programados» considerado como el primer diseño de robot industrial.
1960	Introducido el primer robot Unimate, basado en los diseños de Devol. Unimate se instaló en 1961 para atender máquinas de fundición.
1970	Desarrollados los modelos de variables de estado y el control óptimo.
1980	Estudios amplios sobre el diseño de sistemas de control robusto.
1990	Empresas de fabricación orientadas a la exportación apuestan por la automatización.
1994	Uso generalizado de los sistemas de control con realimentación en los automóviles. En los procesos de fabricación se demandan sistemas fiables y robustos.
1997	El primer vehículo de exploración autónoma, conocido como <i>Sojournor</i> , explora la superficie marciana.
1998-2003	Avances en micro y nanotecnología. Se desarrollan las primeras micromáquinas inteligentes y se crean nanomáquinas que funcionan.



*1769: Regulador centrífugo de Watt*



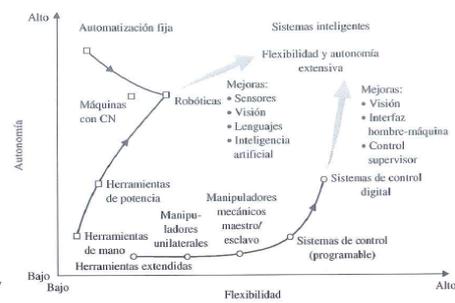
<http://www.bostondynamics.com/> 23

*“Sistemas de Control Moderno”. Richard C. Dorf. Pearson -Prentice Hall. 10ª edición.*

Control y Automatización. 2014/2015



## Historia de los Sistemas de Control



**FIGURA 1.1B**  
Evolución futura de sistemas de control y robóticos.

*“Sistemas de Control Moderno”. Richard C. Dorf. Pearson -Prentice Hall. 10ª edición.*



<http://www.bostondynamics.com/>





**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

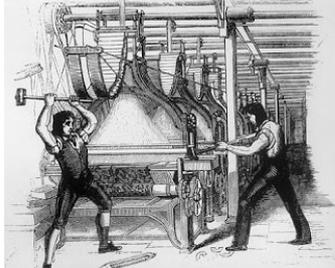
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos
 


## Debate

¿Cómo afectará la automatización al futuro del trabajo?



Ludditas atentando contra máquinas de vapor

**How Technology Is Destroying Jobs**

By David Rotman on June 12, 2013

**MIT Technology Review**

Robert D. Atkinson  
September 3, 2013

**Stop Saying Robots Are Destroying Jobs—They Aren't**

Many experts would have us believe that robots and other technologies are behind the job drought. That couldn't be farther from the truth.



[http://www.ted.com/talks/ken\\_robinson\\_changing\\_education\\_paradigms.html](http://www.ted.com/talks/ken_robinson_changing_education_paradigms.html)



Andrew McAfee:  
Are droids taking our jobs?

**TED** Ideas worth spreading

[http://www.ted.com/talks/lang/es/andrew\\_mcafee\\_are\\_droids\\_taking\\_our\\_jobs.html](http://www.ted.com/talks/lang/es/andrew_mcafee_are_droids_taking_our_jobs.html)

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos
 26

## Representación de los Sistemas de Control

- Un sistema de control se describe mediante la interconexión de los componentes que lo configuran para dar la respuesta deseada.
- La base para el análisis de sistemas de control lo proporciona la teoría de sistemas lineales.
- Un componente o proceso se representa según la siguiente figura:

Input → Process → Output

- La relación causa-efecto viene dada por la relación entrada-proceso-salida. Por ejemplo, una amplificación de

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

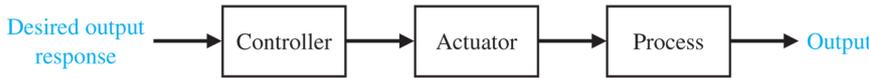
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

Representación de los Sistemas de Control 27

- Un sistema de control se representa según la siguiente figura:



- La “salida deseada” se le comunica al “Controlador” y este maneja un “actuador” que interviene en el proceso para que de la “salida esperada”.
- Este tipo de sistemas de control se denominan de lazo abierto.
- Ejemplo: Un tostador eléctrico.

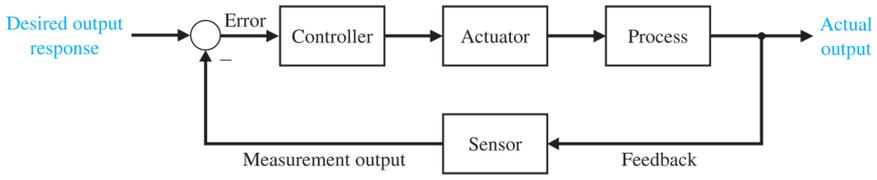
27

Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

Representación de los Sistemas de Control 28

- Un sistema de control en “Lazo Cerrado” se representa según la siguiente figura:



- La “salida deseada” se mide mediante un sensor y esta información realimenta la entrada, de modo que permite al controlador ajustar el actuador

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99


 Universidad Rey Juan Carlos

## Representación de los Sistemas de Control

29

El control con lazo cerrado presenta las siguientes ventajas sobre el control en lazo abierto:

- Corrección de las perturbaciones (tales como rozamiento impredecible en un motor)
- Buen comportamiento incluso con incertidumbre en el modelo, es decir, en aquellos casos en que la estructura del modelo no representa perfectamente la realidad del proceso o los parámetros del modelo no se pueden medir con absoluta precisión
- Permite estabilizar procesos inestables
- Tolerancia a variaciones en los parámetros

29

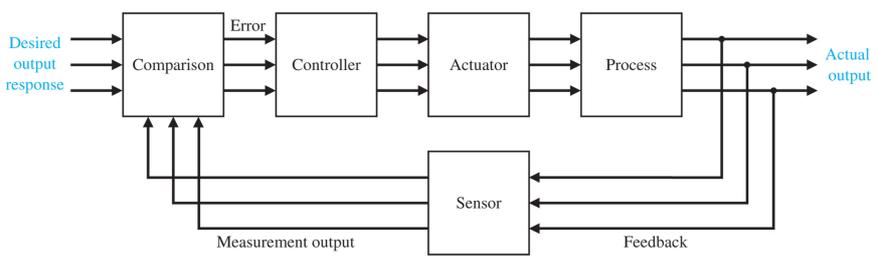
Control y Automatización. 2014/2015


 Universidad Rey Juan Carlos

## Representación de los Sistemas de Control

30

Los sistemas complejos manejan numerosas variables o señales de salida, siendo de este tipo:



```

    graph LR
      D[Desired output response] --> C[Comparison]
      C -- Error --> Co[Controller]
      Co --> A[Actuator]
      A --> P[Process]
      P --> AO[Actual output]
      P --> S[Sensor]
      S -- Measurement output --> C
      P -- Feedback --> S
  
```

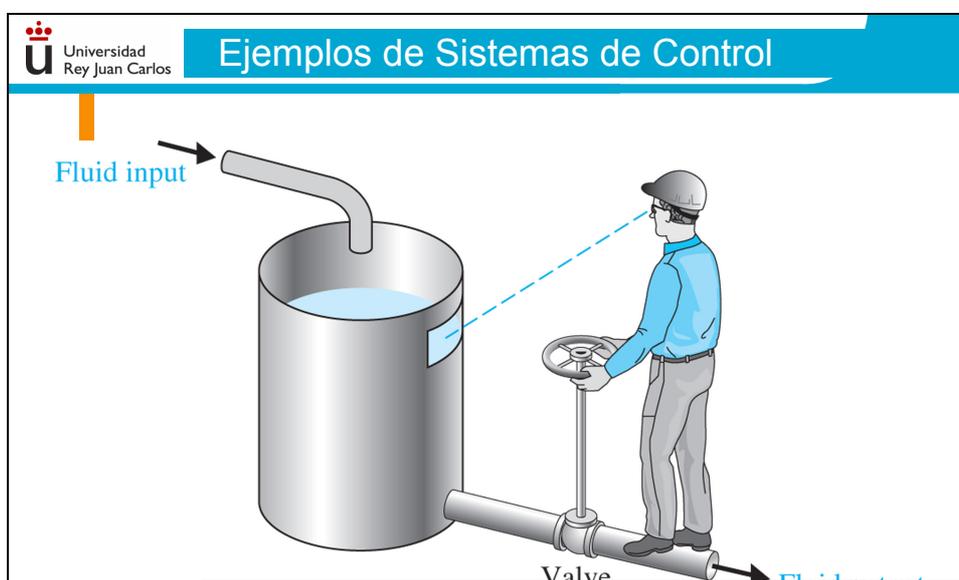
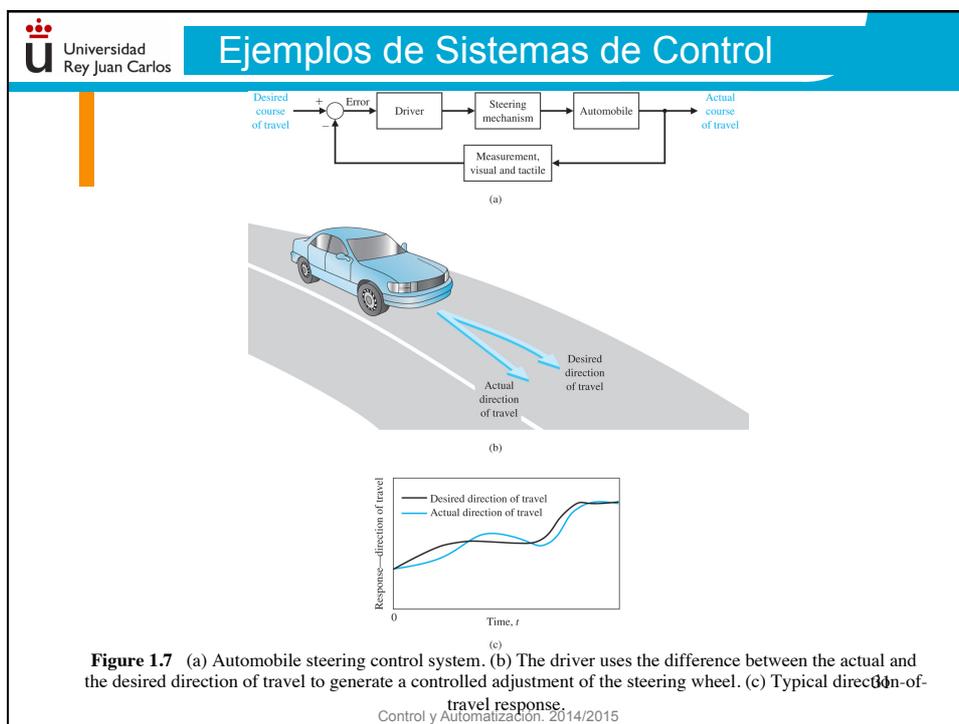
- Parámetros críticos son:
- Estabilidad de la salida (Fluctuaciones)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

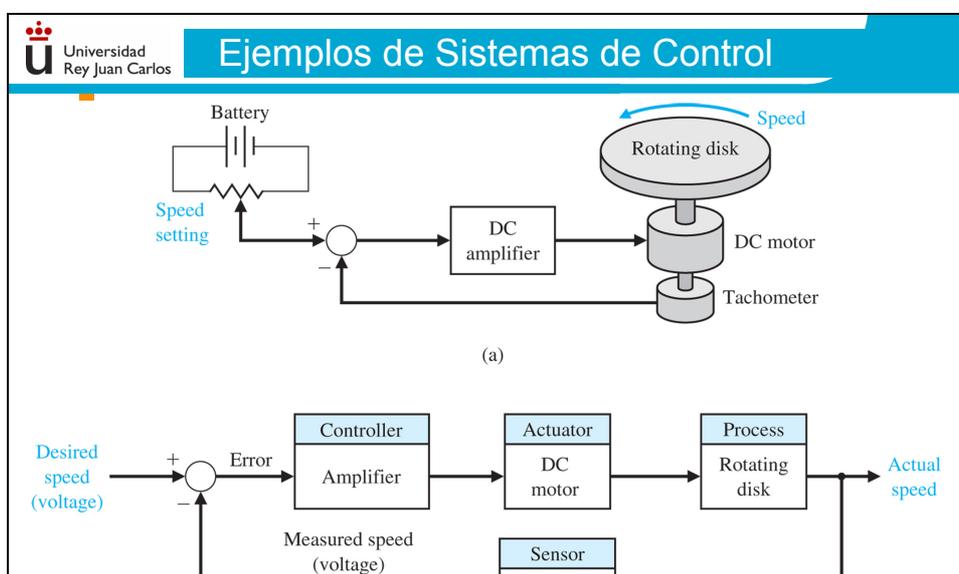
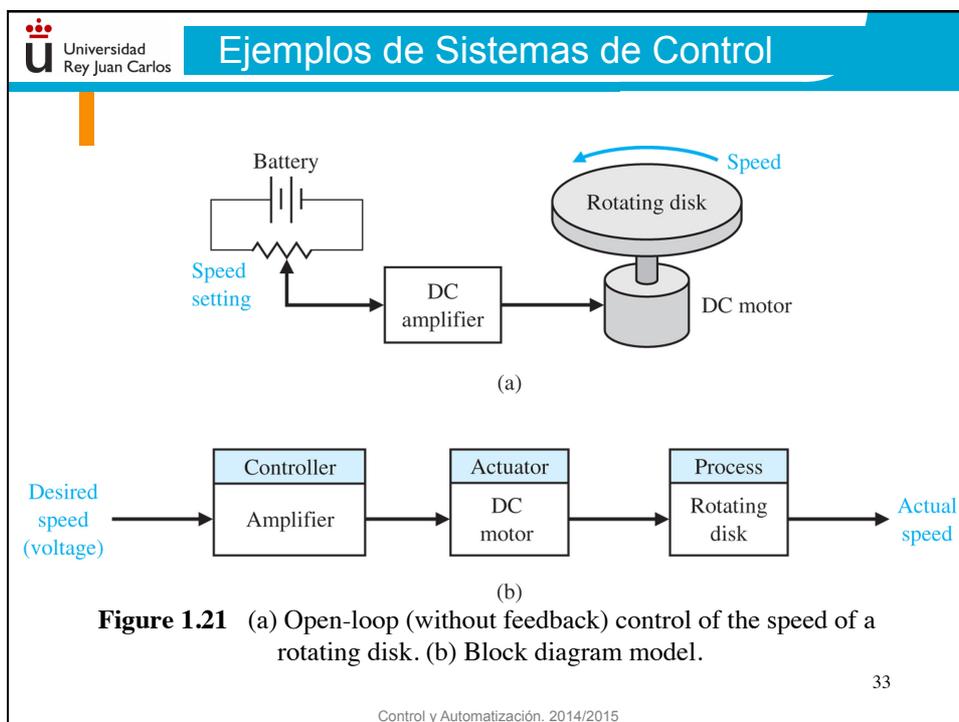


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

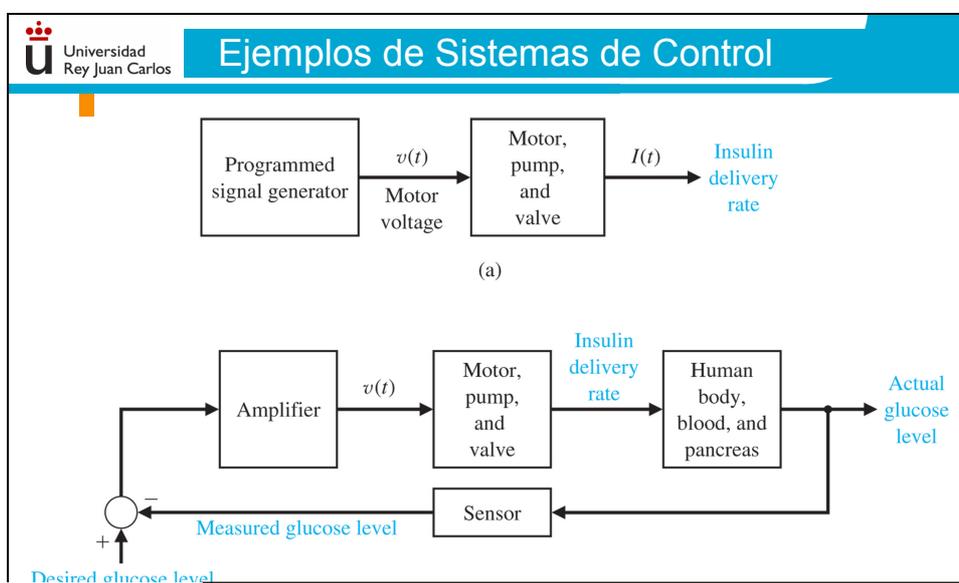
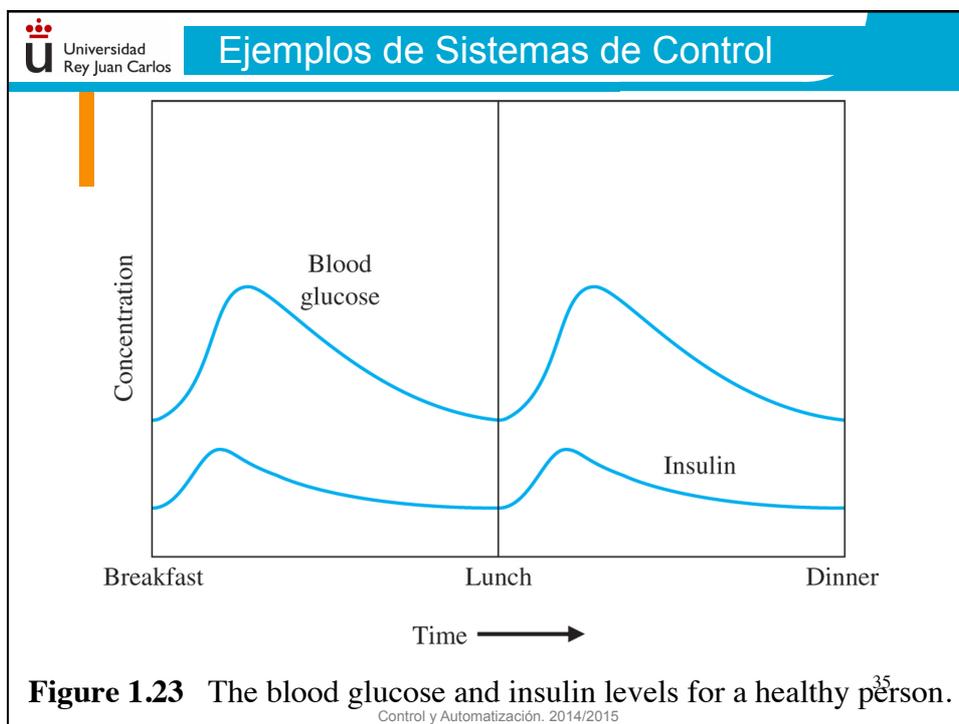


**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

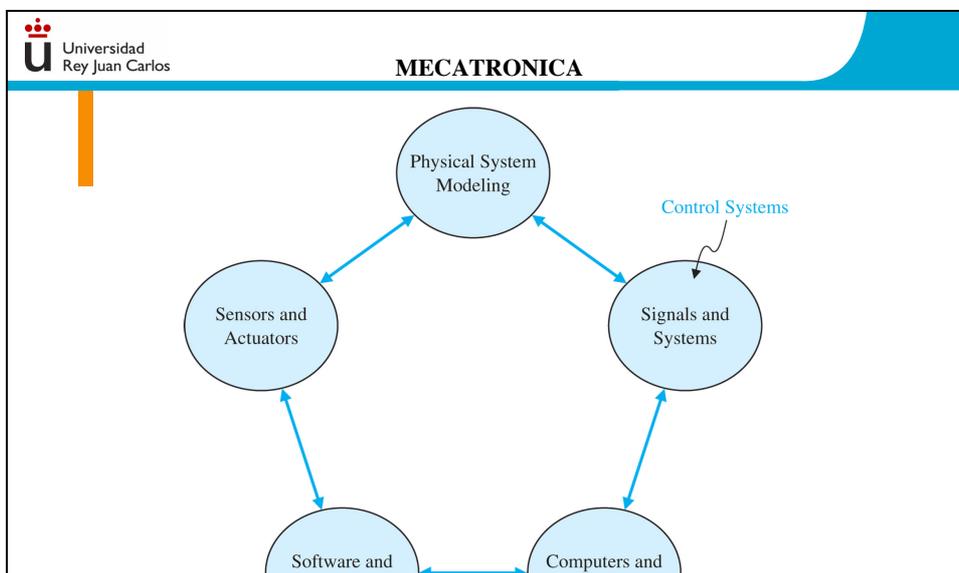
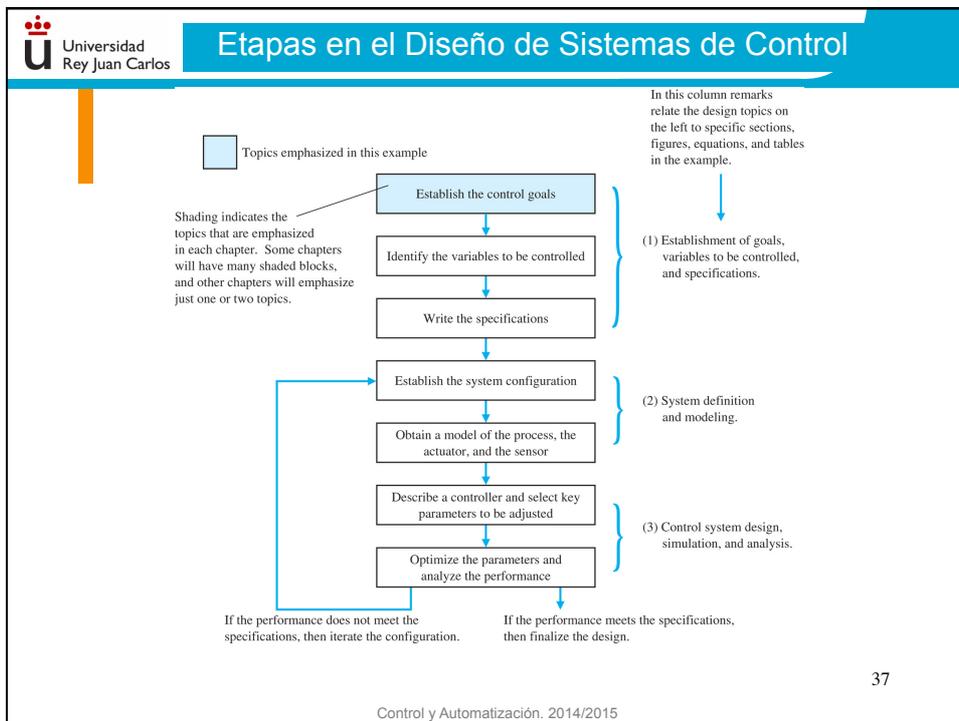


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99


 Universidad  
 Rey Juan Carlos
 39

- “Sistemas de Control Moderno”. Richard C. Dorf. Pearson -Prentice Hall. 10ª edición. 
- “Ingeniería de Control Moderna”. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall. 
- “Sistemas de Control Automático”. Benjamin C. Kuo. Pearson 
- “Regulación Automática I”. E. Andrés Puente. UnPM. ETSII. Sección de Publicaciones.
- “Control de Sistemas Continuos”. Problemas Resueltos. A. Barrientos et als. Mc.Graw Hill.
- “Problemas de Ingeniería de Control utilizando MATLAB”. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall.
- “Matlab for Control engineers”. Katsuhiko Ogata. Pearson. 
- “Teoría de Sistemas” F. Matía, A. Jiménez, R. Aracil, E. Pinto Editorial Sección Publicaciones ETSIIM, 2006-4a Edición

**B**

**BIBLIOGRAFÍA**

Control y Automatización. 2014/2015



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**