



5. El problema de Control Multivariable: estructuras de control

Antonio Sala

Notas sobre Control de Sistemas Complejos
DISA - Universitat Politècnica de València

Video Presentación (Screencast) disponible en:
<http://personales.upv.es/asala/YT/V/ect1a.html>
<http://personales.upv.es/asala/YT/V/ect1b.html>

CONTROL workflow:

I. Trabajo previo:

- a) modelado, experimentación, selección punto de funcionamiento a controlar, análisis de propiedades, considerar rediseño de partes del proceso

2. Diseño de reguladores:

- a) Selección de referencias primarias, actuadores y sensores (referencias secundarias)
- b) Selección de estructura (centralizada/descentralizada)
- c) Selección de especificaciones (objetivos de control)
- d) Ajuste de parámetros de reguladores
- e) Simulación, experimentación y vuelta a (I.a)

Selección de variables a controlar, actuadores y sensores

- Controlar referencias primarias si se puede... y además (o si no se pueden medir “baratamente”):
 - Variables cuyo punto de funcionamiento no cambie con las perturbaciones
 - ejemplo: horno; referencia primaria “grado de cocción interior”; referencia secundaria temperatura, **no** potencia)
 - Proceso bien condicionado (entrada->vbls a medir) y (ref primarias->ref. secundarias).
 - Variables que puedan ser controladas sin saturar los actuadores (sel. Actuadores)
 - Variables que informen adecuadamente sobre las variables internas (almacén energía) relevantes (sel. Sensores).

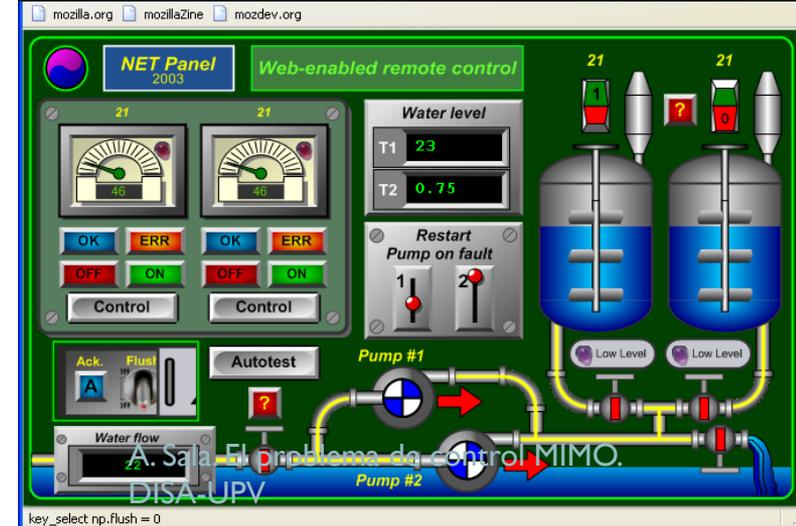
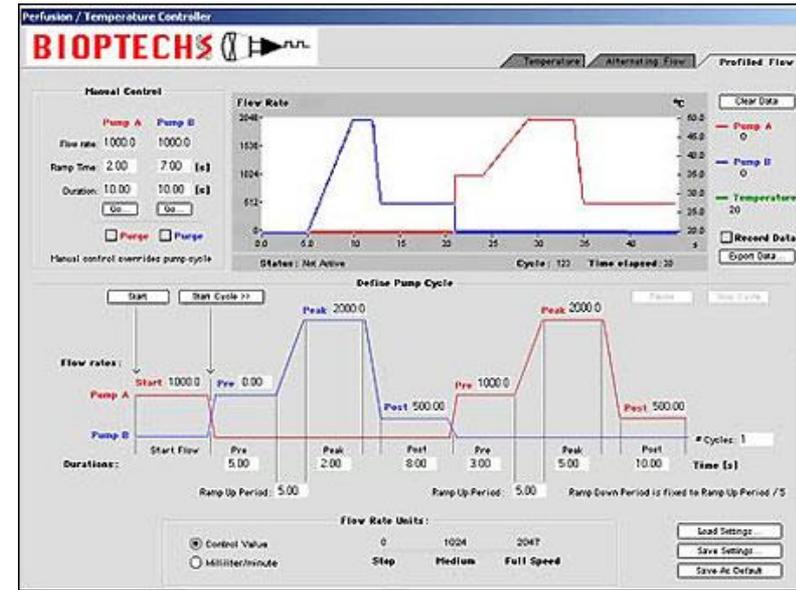
Objetivos de control

- Tipo de **tarea**:
 - Punto func. Constante vs. Seguimiento de referencia no constante
 - Rechazo de perturbaciones
- Tipo de objetivo:
 - **Estáticos**: “dónde llegar y con qué margen de error”
 - **Dinámicos**: “en cuánto tiempo”, “cómo amortiguar perturbaciones en un rango de frecuencias”, “con/sin oscilaciones”
 - **Robustez**: tolerancia razonable a errores de modelado; tolerancia a FALLOS en el sistema.

Estructuras de control: tipo de medidas

- Medida de salidas (no/si): Bucle abierto / bucle cerrado / dos grados de libertad
- Medida de perturbaciones: prealimentación
- Bucle abierto:
 - [+] No necesita sensores
 - [-] Necesita un buen modelo, no atenúa perturbaciones
- Bucle cerrado:
 - [+] Atenúa perturbaciones y errores de modelado porque “se miden”
 - [-] necesita comprar sensores

Estructuras de control: procesamiento centralizado



Estructuras de control: procesamiento centralizado

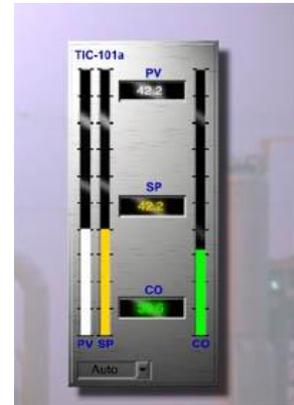
- Todos los sensores a un único computador, que calcula todos los actuadores
- *Ventajas:*
 - [😊] Teóricamente más potente (matrices, vectores, optimización)
 - [😊] Integración en una herramienta única de control, interfaz usuario, registro de datos, planificación de trayectorias.
 - El operador no se mueve, no cambia de entorno software.

Estructuras de control: procesamiento centralizado

- *Inconvenientes*
 - [☹] Es (o puede ser) menos tolerante a fallos si:
 - un sensor averiado afecta a todas las acciones de control
 - Falla la máquina en la que se ejecuta (hardware o software)
 - [☹] Software más complicado y no estándar (+comunicaciones, etc.)
 - Mayor coste de mantenimiento

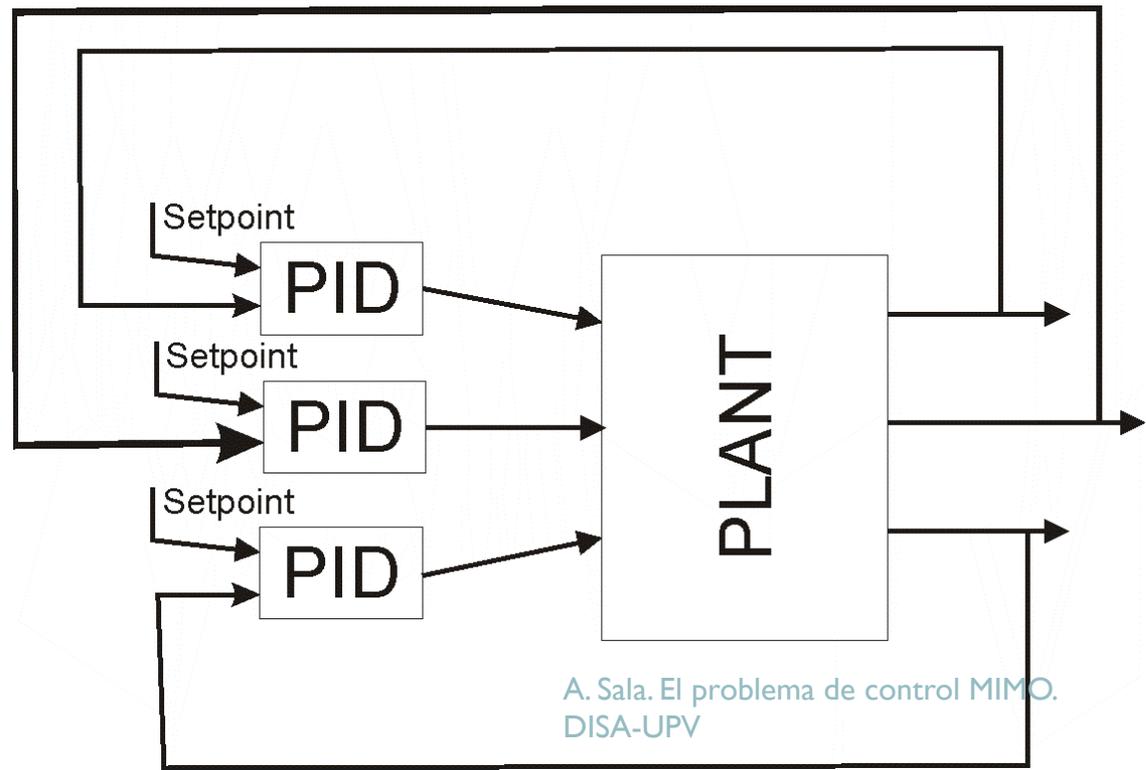
Estructuras de control: procesamiento descentralizado

- División en bloques independientes
- Muchos reguladores más sencillos



Estructuras de control: procesamiento descentralizado

- Entradas y salidas se dividen en grupos (a lo mejor de una sola entrada y una salida) controlados **INDEPENDIENTEMENTE**



procesamiento descentralizado: ventajas

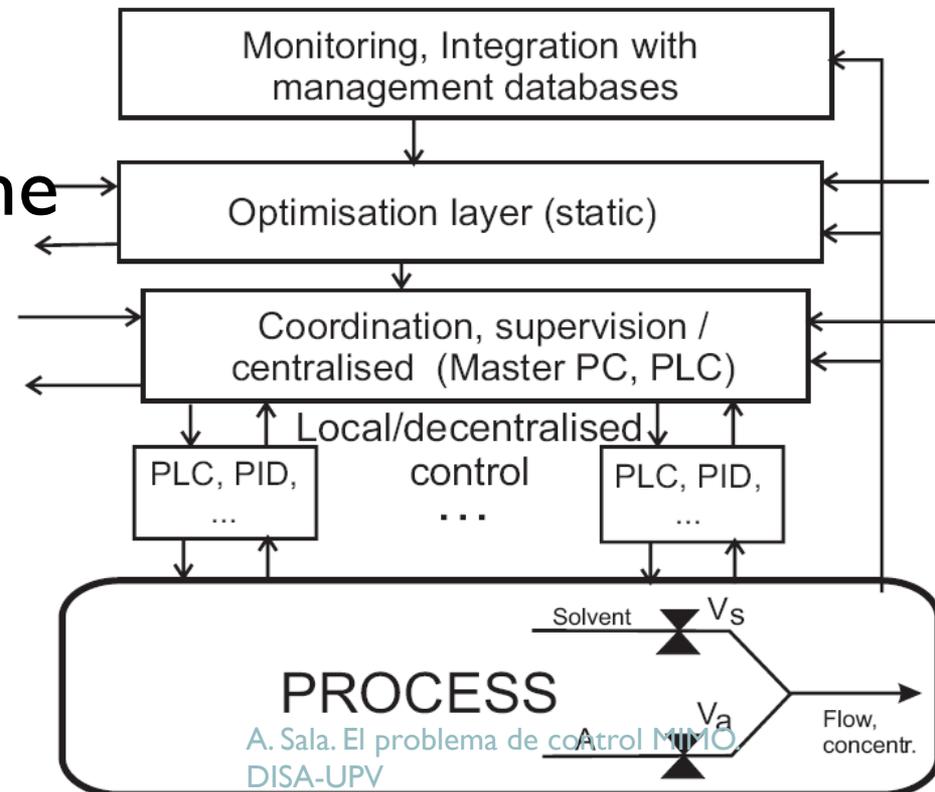
- [😊] si se dividen en grupos $l \times l$ controladores SISO (muchas veces PID estándar)
- [😊] en caso de fallo, cada subsistema sigue intentando controlar su subconjunto de variables [problema: las interacciones pueden, de todas formas, hacer inestable]

Estructuras de control: procesamiento descentralizado

- [☹️] Se debe abordar el tema de las interacciones, es teóricamente menos potente que el centralizado.
- [☹️] El mantenimiento de múltiples elementos físicos diferentes aumenta la probabilidad de fallo
- [☹️] Sigue siendo necesario, en bastantes casos, la planificación de referencias variables, el registro de datos, la supervisión, etc.

Control jerarquizado

- Unos sistemas con unos ciertos objetivos dan consignas a otros sistemas: ejemplo “extremo” administración pública, el pres. del gobierno es mi jefe tras muchos escalones jerárquicos.
- Control en cascada tiene la misma filosofía.



Estructuras de control: cambio de punto funcionamiento y fallos?

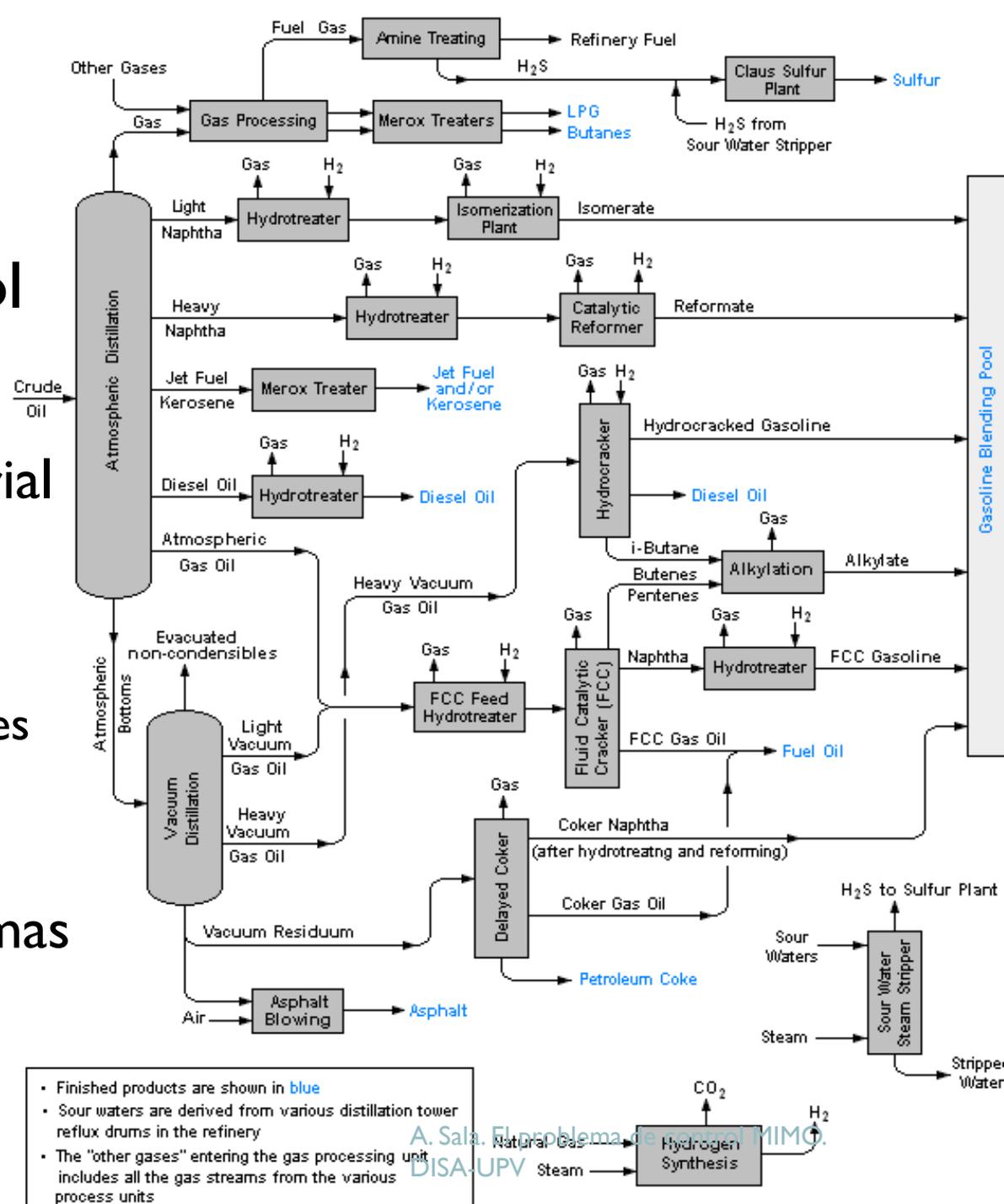
- Diseñar un **único** regulador (o conjunto de ellos, en descentralizado/jerárquico) que tolere grandes errores de modelado (“robusto”). [**Problema**: puede que no exista si las variaciones son amplias]
- Diseñar **múltiples** reguladores que vayan cambiando en función del punto de funcionamiento o modo de fallo (“planificación de ganancia”, “adaptación”). [**Problema**: la conmutación no es “lineal” y puede hacerse inestable; hay que detectar los fallos e identificarlos y ello puede llevar un tiempo en el cual el proceso ya se haya ido de límites]

Estructuras en la práctica

- Sistemas complejos (refinería, central nuclear, etc.) requieren **estrategias MIXTAS**:
 - Establecer un primer control jerárquico
 - Cada subnivel, descompuesto en determinados subsistemas
 - Independientes algunos de ellos
 - Coordinados (centralizado o similares) otros
- Implementación:
 - Algunos subsistemas, regulador físicamente diferente
 - Otros subsistemas: regulador “virtual” en un único PC/PLC con software para varios de ellos.

Refinería

- Estructura I: control Jerárquico
 - [1] Planificación estratégica empresarial
 - [2] Planificación de operaciones (ingeniería)
 - Generación de caudales deseados de cada producto a partir de objetivos económicos
 - División en subsistemas (ver figura).



Refinería (II)

- Una vez definidos subsistemas y jerarquía...
- Control separado de cada bloque en la figura suponiendo que los otros funcionan bien.
 - Ese control, vía PIDs (real/virtual) en muchos, vía optimización en algunos (centralizado el subsistema).
 - Tanques intermedios (buffer) para mitigar fluctuación
- Supervisión y diagnóstico de fallos (comunicación de todas las variables a sala de control).
 - Supervisión automática (desconexiones por alarmas)
 - Supervisión manual

