



# Instrumentación Industrial

Avanzado

Instructor: Román Pettenón



## OBJETIVO

## AGENDA DE CLASE

- Revisión de conceptos fundamentales
- Fundamentos de control: PID, adaptativo y predictivo (MPC)
- Normas y estándares (ISA, API, IEC)
- Aplicaciones prácticas



# Importancia en la industria

- Consistencia
- Costos
- Calidad



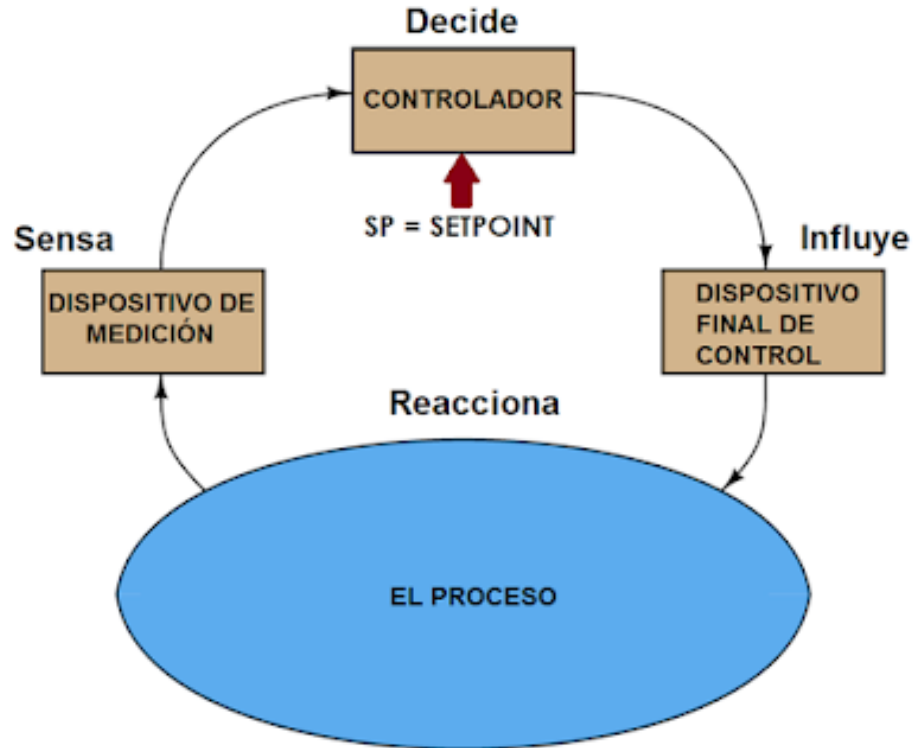
# Importancia en la industria

- La instrumentación garantiza seguridad, eficiencia y calidad permite un control preciso de los procesos, optimiza el uso de recursos y energía, garantiza la seguridad de las operaciones y los trabajadores, La capacidad de medir variables críticas en tiempo real es fundamental para la eficiencia operativa, la detección temprana de fallos y la toma de decisiones informadas
- Los sistemas de control son el cerebro del proceso
- Evolución: neumáticos → digitales → IA e IIoT



# Lazo de control

- Variable de proceso (PV)
- Señal de referencia (SP)
- Controlador (PLC)
- Elemento final (válvula, VFD, etc.)



# Ejemplo de lazo básico

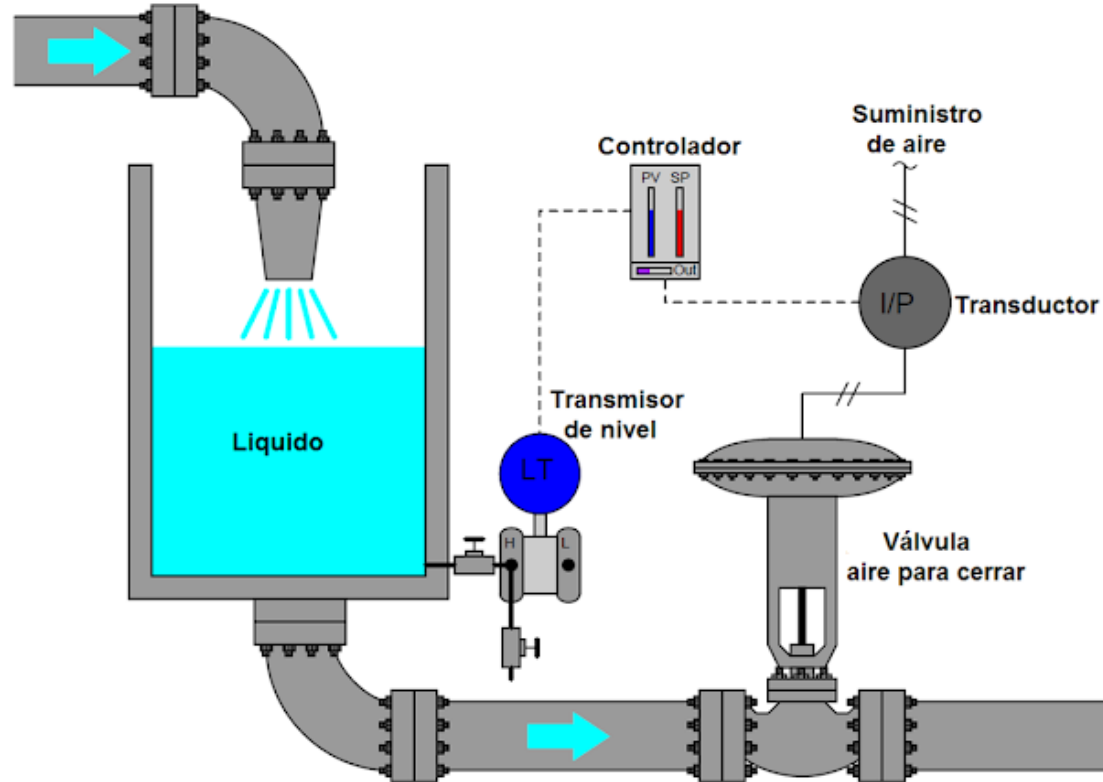
Control de nivel  
en un tanque

- Sensor
- PLC/Control
- Válvula

SP = Setpoint es el valor al que deseamos que se mantenga las variables de proceso.

PV = es el valor de proceso.

LT = transmisor de nivel



# Elementos finales de control

- Válvulas de control (globo, mariposa, bola)
- Variadores de velocidad
- Actuadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos



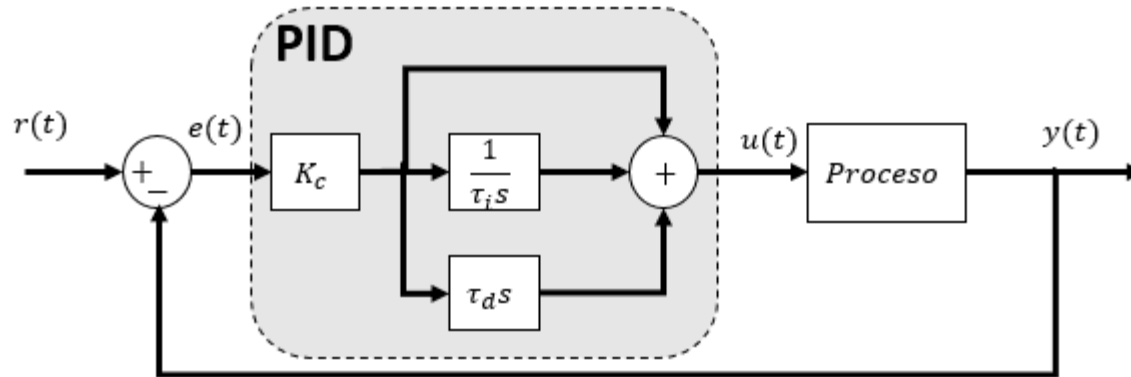


¡5/10 MINUTOS Y VOLVEMOS!



# Control PID

- Acción Proporcional (P) : respuesta rápida
- Acción Integral (I) : elimina error en estado estable
- Acción Derivativa (D) : anticipa cambios
- Ajuste y sintonización



# Ejemplo gráfico PID

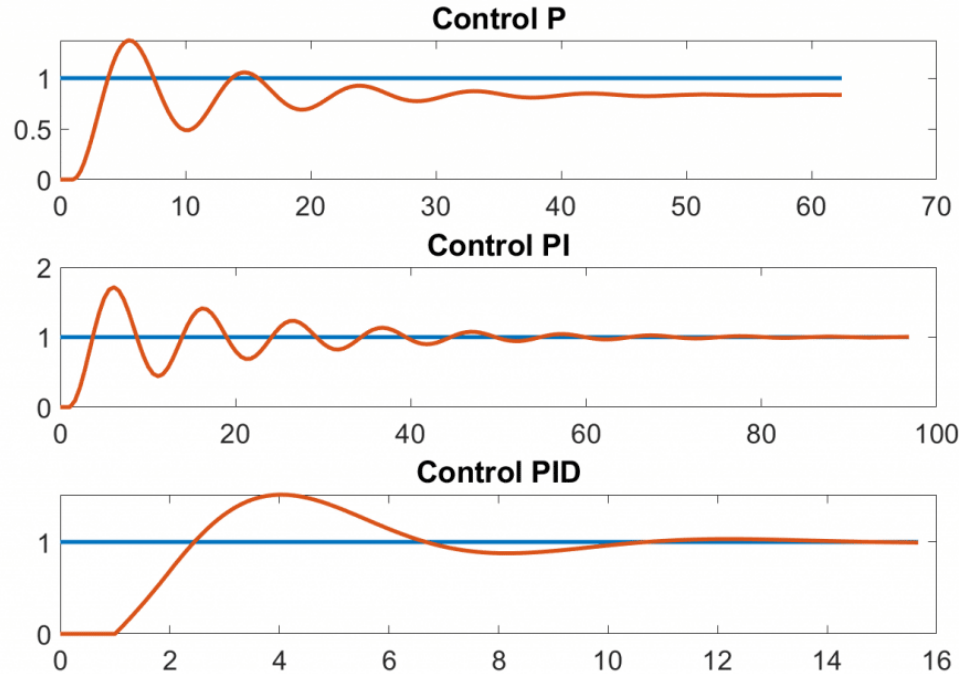
Respuesta con solo

P

Respuesta con PI

Respuesta con PID

completo



# Ejemplo gráfico PID

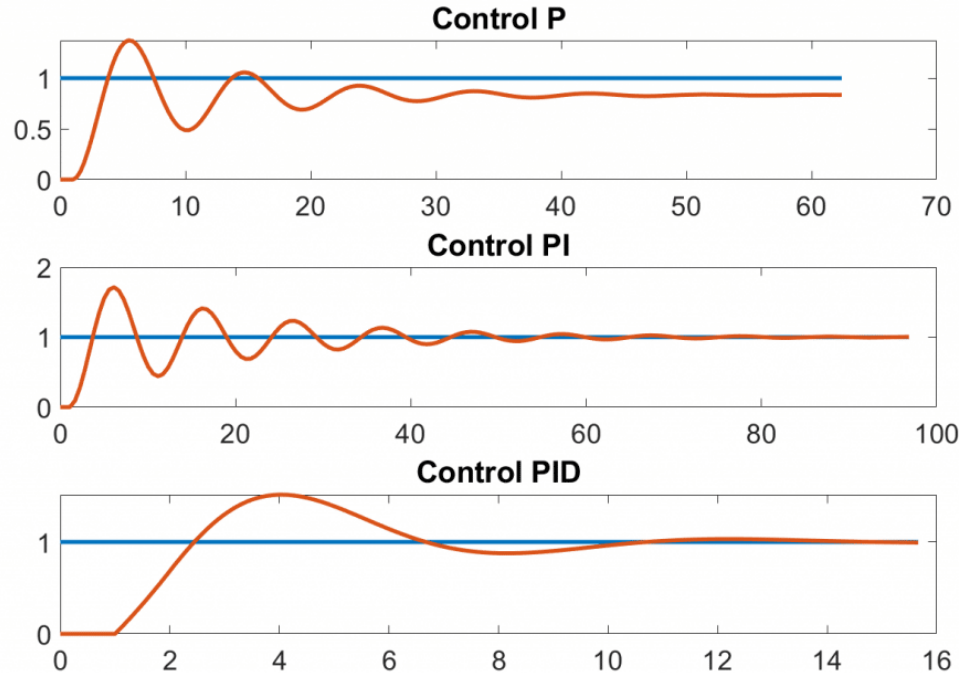
Respuesta con solo

P

Respuesta con PI

Respuesta con PID

completo



# Ejemplo gráfico PID

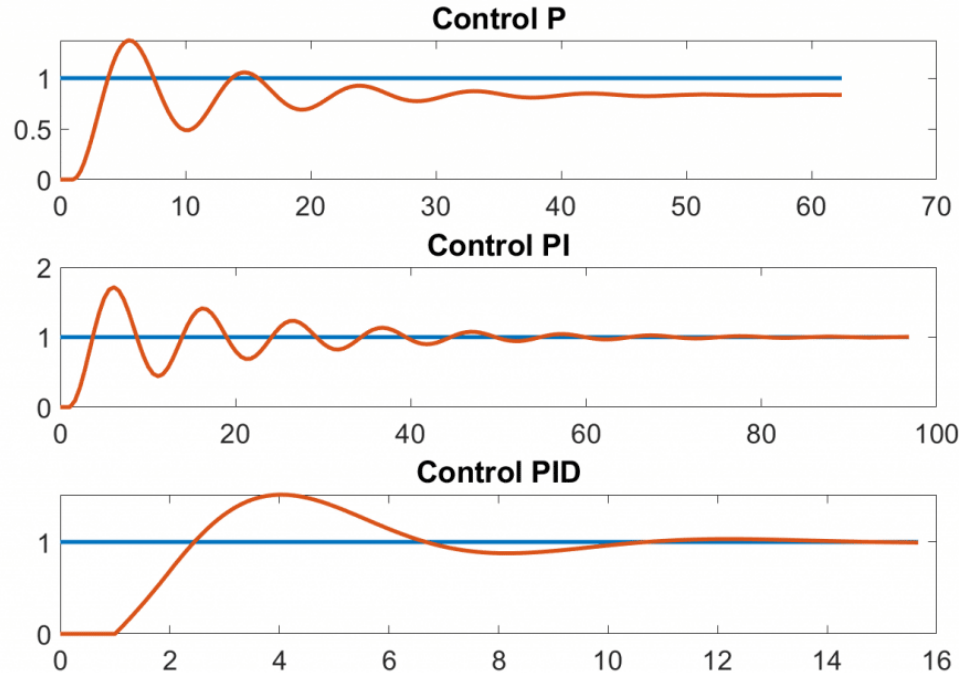
Respuesta con solo

P

Respuesta con PI

Respuesta con PID

completo



# Limitaciones del PID

- **No linealidades**
- **Retrazos**
- **Amplificación del ruido**
- **Ajuste complicado**
- **Exceso y oscilaciones**
- **Saturación de actuadores**



# Control adaptativo

Se ajusta en tiempo real

Aprende del proceso

Ejemplo: control de calderas o hornos

Procesos con cambios de carga

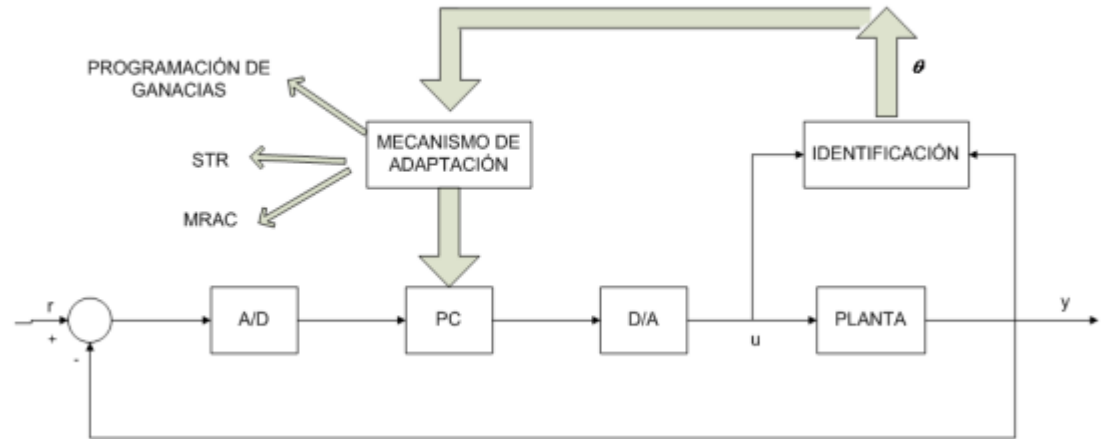
Optimización energética

Ejemplo en turbinas de gas



# Control adaptativo

El Control Adaptativo es un tipo de control en el cual los parámetros de su controlador pueden cambiar de acuerdo a la dinámica del proceso, logrando así que el comportamiento del sistema en lazo cerrado conserve las características de diseño requeridas.



# Control Predictivo Basado en Modelo (MPC)

Utiliza un modelo matemático del proceso

Predice la respuesta futura

Optimiza variables de control en simultáneo



# Caso práctico MPC

El MPC es un tipo de control automático que utiliza un modelo matemático del sistema que está controlando para prever su comportamiento futuro. Basándose en estas predicciones, el controlador optimiza las acciones a tomar para alcanzar un objetivo deseado, como minimizar el consumo de energía, maximizar la producción o mantener una temperatura constante. A diferencia de los métodos de control tradicionales, que suelen reaccionar a los cambios solo después de que han ocurrido, el MPC anticipa los problemas antes de que se presenten y toma medidas preventivas.

Columnas de destilación en petroquímica  
Refinerías y plantas químicas  
Mejora estabilidad y rendimiento



# Importancia de los estándares

Aseguran uniformidad y seguridad  
Facilitan integración entre fabricantes  
Mejoran la comunicación técnica.

Normas ISA (Instrument Society of America)

ISA-S5.1 Simbología de Instrumentos y conexiones

ISA-S5.2 Símbolos de sistemas lógicos y secuenciales

ISA-S5.3 Representación gráfica de lazos de control y otras conexiones

ISA-S5.4 Documentación de conexiones

Normas DIN (Deutsches Institut für Normung)

DIN 19227-1 Simbología de Instrumentos y conexiones

DIN 19227-2 Representación de detalles

DIN V 44366:2004-12 Especificaciones en planos de ingeniería

Normas IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)

IEC 61511 Seguridad de procesos - Sistemas integrados de



# ISA

- ISA-5.1 : símbolos de instrumentación P&Id
- ISA-20 : especificación de instrumentos
- ISA-75 : válvulas de control

T	R	C	-	2	A	.
Primera letra	Letras sucesivas	Numero lazo	Sufijo			
<b>Variable</b>	<b>Función</b>					

Primera letras: variable

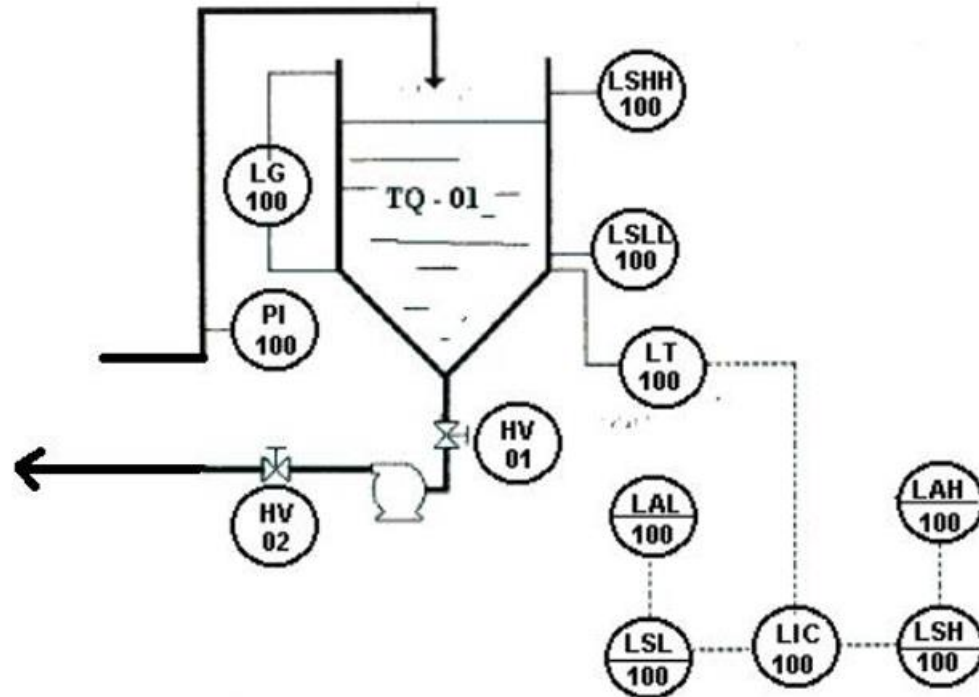
Letras sucesivas: función (controlador, convertidor, transmisor, etc.)

Numero de lazo: indica el lazo de control del diagrama

Sufijo: se usa para diferenciar dos o más instrumentos en un mismo lazo de control.



# ISA



# API

**API RP 551:** Práctica Recomendada del Instituto Americano del Petróleo (API) que proporciona guías para la selección, instalación, calibración y mantenimiento de instrumentos de medición de procesos, como medidores de caudal, presión, nivel y temperatura, en la industria del petróleo y gas. Esta práctica está diseñada para asegurar la seguridad y confiabilidad de las operaciones en los sectores upstream (exploración y producción), midstream (transporte y almacenamiento) y downstream (refinación y petroquímica).



# IEC 61511 (Seguridad funcional)

Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS)  
Concepto de SIL (Safety Integrity Level)

Ejemplo: protección en hornos, calderas, plantas de procesos.

La norma IEC 61511 describe el riesgo tolerable como el riesgo que se acepta en un determinado contexto de acuerdo a los valores actuales de la sociedad. La mayoría de las empresas incluyen las lesiones, muertes y el dinero entre otros factores, para definir un criterio de riesgo tolerable.

Valores obtenidos de este riesgo tolerable ayudan a determinar la reducción necesaria del riesgo que un Sistema Instrumentado de Seguridad debe lograr.





¿DUDAS? ¿PREGUNTAS?



The logo consists of a stylized white symbol on the left, resembling a lowercase 's' or a curved arrow pointing upwards and to the right. To its right is the word 'proactiva' in a bold, lowercase, sans-serif font. Below 'proactiva' is the tagline 'impulsamos tu crecimiento' in a smaller, lowercase, sans-serif font.

**proactiva**  
impulsamos tu crecimiento