

## Ensayo #3

Estudiante: *Luis Alberto Ballado Aradias*  
Curso: *CONTROL AUTOMÁTICO (Sep - Dec 2022)*  
Profesor: *Dr. José Gabriel Ramírez Torres*  
*28 de diciembre de 2022*

---

### The Step Response | Control Systems in Practice

<https://www.youtube.com/watch?v=USH75nuHV6w>

La automatización en puertos marítimos ha tomado un auge de la mano con la industria 4.0 y la era del internet, la automatización como el uso de energía verdes nos comienza a acompañar a donde sea que vayamos. La globalización se ha convertido en una tendencia en la economía global y los sistemas de control automáticos son una pieza clave.



Según los datos de las Naciones Unidas el embate provocado por la pandemia de COVID-19 sobre el transporte marítimo de mercancías tuvo menos repercusión ya que la demanda global ocasionada por las compras electrónicas ayudó a generar un aumento del 4,3 % en 2021.

Para cualquier empresa donde las tareas se convierten en repetitivas y aburridas, es de buena opción automatizar dichos procesos cuando estos sean tecnológicamente posibles, ya que tareas comunes como cocinar, hacer una limpieza en áreas con muchos objetos suelen ser difíciles de automatizar.



El futuro de la logística, transporte marítimo ó terrestre tiene un futuro inteligente y sostenible. Teniendo ejemplos tangibles en los Puertos de Hamburgo, Shangai, Rotterdam por mencionar algunos.

La implementación de vehículos AGV (Automated Guided Vehicles) en la industria de la logística ha tomado un gran auge, no es difícil pensar que el grande de las ventas por internet AMAZON tenga una implementación en sus centros de distribución de ultima milla casi todo automatizado.

Para su construcción, mantenimiento, y desarrollo de sistemas inteligentes es de suma importancia el estudio de Sistemas de Control.

## Understanding Control Systems, Part 1: Open-Loop Control Systems

<https://www.youtube.com/watch?v=FurC2unHeXI>

Los sistemas de control son la pieza que une todos los campos de la ingeniería.

Considerando algunos campos de la ingeniería podemos entender un poco más la importancia en el estudio del Control automático.

- Ingeniería Eléctrica, en el diseño de reguladores y retroalimentaciones.
- Ingeniería en Comunicaciones, en el diseño de controles de ganancia automáticas que incrementen la ganancia en señales débiles o decrementarlas en señales fuertes.
- Ingeniería Mecánica, en la consideración de vibraciones, diseño de sistemas que aislen las vibraciones.
- Ingeniería Civil, en el diseño de construcciones resistentes a actividades sísmicas.
- Ingeniería Industrial, en el diseño de robótica para líneas de ensamblaje o diseño de controles PID para aplicaciones en la robótica.
- Ingeniería Aeroespacial, en la creación de sistemas aerodinámicos resistentes a las vibraciones.

Esas se pueden tomar como ejemplos en donde los **sistemas de control** toman un papel importante. Una perspectiva general de los sistemas de control sería cuando se nos cae un objeto, éste vibrará y generará un sonido que se reducirá a medida que la energía se disipa, o cuando intentamos detener una caída de algún objeto y este cae, causamos una disipación rápida de la energía.

Una copa de vino cayendo se puede interpretar como la tecnología detrás de un giroscopio (se basa en una masa girando sobre un eje, la cual se mantiene estable por el momento de rotación que tiene la masa), tecnología usada en submarinos y satélites para una navegación por estima (inferir la ubicación haciendo uso de fórmulas trigonométricas)

**Teoría de Sistemas de Control** es más que adecuar un control PID y péndulos invertidos. Es contruir modelos de sistemas y poder simularlos para hacer predicciones y de esa forma entender la dinámica y como interactúa con el resto del sistema.

- Es filtrar ruido y reducir las perturbaciones
- Es diseñar o elegir los sensores o actuadores adecuados
- Es probar los sistemas para asegurar que funcionará de manera adecuada en situaciones no pensadas
- Es entender los sistemas en un nivel muy básico.

## Understanding Control Systems, Part 2: Feedback Control Systems

<https://www.youtube.com/watch?v=5NVjIIi9fkY>



**Automatización** es una palabra que se ha tomado milenios en ser formada intervenida, conviniendo arte e ingenio, pero la ciencia detras tiene menos de dos milenios, pero la palabra automatización unas pocas decadas. No es difcil recordar los dispositivos autómatas en la historia, cuando se creaban artefactos para realizar tareas comunes. No todos los artefactos tenían el mismo uso, en ocaciones solo servian para entretener y no hacian nada mas que los mismos movimientos una y otra vez.

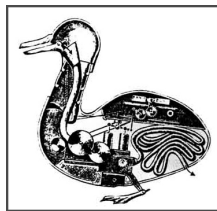


Figura 1: Pato de Vaucanson

La **Automatización** se ocupa de las complejas actividades que se necesitan ser resumidas en desiciones racionales y consisas, confiando en la información disponible y en las matemáticas. Pero básicamente la automatización es el desarrollar tareas de una manera automática.

En un vista general se comienza con la representación del sistema que se se desea controlar, linelizarlo, analizar su respuesta al impulso, aplicarle la transformada de La-Place para pasarlo del dominio de la frecuencia y hacer un sin fin de calculos que nos ayudan a completar el objetivo de automatizar y controlar nuestro sistema.

Sea a lo que nos enfrentemos necesitaremos tres elementos fundamentales:

- Retroalimentación, que nos indique como van las cosas.
- Control, la inteligencia que apartir de las retroalimentaciones decida que acción hacer.
- Actuador, la manera en que ejecutamos la acción.

Un ejemplo básico para el entendimiento de estos elementos es el cepillado de dientes. Al tener una retroalimentación de la posición del cepillo de dientes es fácil controlar la posición y el desplazamiento para las siguientes posiciones que requerimos para limpiar nuestros dientes. Pero, ¿qué pasaría sin alguno de estos tres elementos?

- Sin retroalimentación, no podríamos conocer la posición del cepillo y no podríamos indicar la siguiente posición.
- Sin Control, no podríamos saber que hacer ni como hacerlo
- Sin Actuador, no podríamos realizar el cepillado

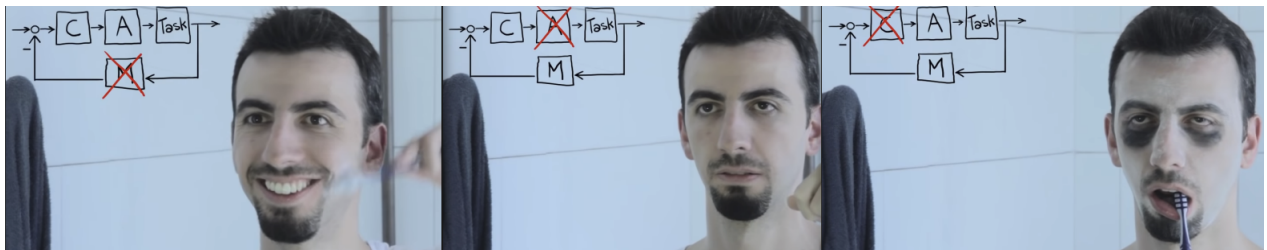


Figura 2: Ejemplos sin algun elemento de control

Bajo éste ejemplo hemos visto el rol importante de cada elemento que forma parte de un sistema, ya que son importantes para realizar cualquier tarea.

### Understanding Control Systems, Part 3: Components of a Feedback Control System

<https://www.youtube.com/watch?v=u1pgaJHiiew>

El puente de Tacoma, fué construido en 1940 durando solamente 4 meses antes de su colapso en Noviembre 7 de 1940.

Apesar de las vibraciones que se observaron en su construcción, pero ese día la resonancia del puente y su movimiento de torsión debido a vientos más rápidos (65km/h) hizo que su movimiento natural de oscilación tuviera un periodo de 5 segundos.

La caída fué debido al fenómeno de resonancia mecánica que se produce cuando un cuerpo que puede vibrar es sometido a una acción periódica y cuyo período coincide con el período del propio cuerpo causando que el cuerpo vibre aumentando su amplitud.



El desastre sirvió para la mejora de las nuevas construcciones de puentes colgantes en todo el mundo. El puente de Tacoma fué reconstruido y reinaugurado en 1950 y aún existe en nuestros días.



## Controlling Self Driving Cars <https://www.youtube.com/watch?v=4Y7zG48uHRo>

Ser un Ingeniero de Sistemas de Control es más que diseñar controles y adecuarlos. Puede que en el transcurso de un proyecto, el diseño del controlador sea una parte pequeña del trabajo.

- **Formulacion/Requisitos**, antes de que tengamos idea de lo que se desea construir, la fase de formulación es donde se intenta descubrir la necesidad; dicha necesidad puede provenir de un cliente o un miembro de la empresa que cree que existe un mercado para un determinado producto. El equipo comercial sabe que se puede vender, pero no sabe cual es la mejor manera de hacerlo ni las dificultades técnicas para realizarlo. Como Ingeniero de Sistemas de Control una de las tareas es explorar desde una perspectiva ingenieril y buscar cual es la mejor opción.

Después de todo esto, es imposible conocer la configuración final que el usuario tendrá operando nuestros productos, de esa manera hay que estar seguros que cuando el sistema este en uso la incertidumbre sea algo que cumpla con los requisitos y visualizar todos los posibles errores es factor para que los costos del producto se mantengan bajos. A menudo se suele listar las restricciones del sistema, presupuestos técnicos y bocetos del producto esperado y el equipo de ingeniería es el responsable de crear y administrar estos documentos.

- **Desarrollo**, con las definiciones y requerimientos completos el desarrollo del producto puede comenzar. Esta fase describe el cliché de un ingeniero: Diseña cosas, construye cosas y prueba cosas. Esta fase de desarrollo suele tener correcciones y sufrir cambios. Supongamos que ya tenemos pensado el control que queremos aplicar, pero en las pruebas su tiempo de respuesta no es el esperado por los clientes en conclusión, se tendrá que modificar y probar nuevamente los test que ya fueron aplicados.

Ya que los cambios son inevitables se tomará mucho tiempo en la etapa de desarrollo. En algunas compañías el Ingeniero de Control es el responsable de crear y describir algoritmos y logica para las leyes de control en una forma que los Ingenieros de Software puedan entender y codificar.

- **Pruebas/Verificaciones**, existen diferentes métodos de verificación y como Ingeniero en Control se deben de emplear algun método existente para la verificación del producto. Supongamos que deseamos probar un equipo físico, esto puede llevar mucho tiempo ya que no es lo mismo que simplemente correr un simulador. Hay que escribir un plan para desarrollar las pruebas, documentación de las pruebas.

Para el final de la fase de Ingenieria se tendrá un diseño que cumple con las solicitudes planteadas al principio. Sin embargo el trabajo del Ingeniero de Control no termina ahí, es posible que sea requerido para capacitar los operadores del sistema o cubrir alguna variante del diseño o modificaciones en el vuelo. Los Sistemas de Control tienen muchas oportunidades en todas las fases del producto y no es tarea de una sola persona, se requiere el trabajo en equipo.

## PID Control - A brief introduction <https://www.youtube.com/watch?v=UR0h0mjaHp0>

Los sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI) son una clase de sistemas que responden de una determinada manera cuando se le aplica una entrada arbitraria, todos los sistemas LTI tienen propiedades en común

- **Homogeneidad**, supongamos que tenemos un sistema LTI y le inyectamos una entrada  $x(t)$ , esta producirá una salida  $y(t)$ . La Homogeneidad nos dice que si escalamos la entrada en un factor, entonces el resultado será escalado con el mismo factor
- **Superposición (Aditividad)**, digamos añadimos dos entradas juntas  $x_1 + x_2$ , el resultado será la superposición de las dos salidas. Algunas veces la homogeneidad y superposición son combinadas para que cuando la entrada sea escalada y sumada por la misma cantidad, si el sistema conoce estos dos criterios, se llamará un sistema lineal.
- **Invarianza de Tiempo**, por ejemplo si dejamos caer un objeto por las escaleras, este tendrá el mismo comportamiento independientemente que hora del día sea. En otras palabras, una entrada  $x(t - a)$  producirá una salida  $y(t - a)$  es decir, dos entradas similares en el trasladadas en el tiempo tendrán la misma salida. Este termino de Invarianza de tiempo se puede referir de un termino más generico llamado **traslación invariante**, que también se puede decir como **traslación en el espacio**

Estas tres restricciones son las que se necesitan para tener un sistema LTI, pero ¿por qué son importantes los sistemas LTI?- Richard Feynman decía que son importantes ya que los podemos resolver. Ya que los sistemas físicos se pueden aproximar con modelos LTI.

Los sistemas LTI se caracterizan en la respuesta al impulso, por ejemplo si golpeamos un objeto este se moverá y después de un tiempo dejará de hacerlo. Debido al principio de invariante en el tiempo si golpeamos el objeto en un tiempo 0, y continuamos haciendolo en el tiempo 1 podemos esperar el mismo comportamiento y por la característica de homogeneidad, si lo golpeamos con más fuerte esperaremos una respuesta más larga y por la característica de superposición, la respuesta completa del sistema será la sumatoria total de las señales. Podemos hacer que nuestro sistema se aproxime a la linealidad con la sumatoria de todas las señales individuales.

Cuando hacemos la sumatoria en el dominio del tiempo es llamada **convolución**, que puede ser una Integral difícil de resolver, sin embargo transformamos las respuestas al impulso y las entradas del sistema al dominio  $S$  usando la transformada de Laplace, entonces la **convolución** se convierte en una multiplicación algebraica. Esto solo aplica a los sistemas LTI.