

»» ¿QUIÉN CONTROLA A LAS MÁQUINAS? EL PAPEL DE LA TEORÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN LA VIDA DIARIA

Gerardo Loreto Gómez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

Contacto: gerardo.lg@uruapan.tecnm.mx



¿Quién controla a las máquinas?

El papel de la teoría del control automático en la vida diaria

Resumen

Hoy convivimos con máquinas que parecen tomar decisiones por sí mismas, un automóvil es capaz de estacionarse o conducirse de forma autónoma sin intervención humana; un dron puede mantenerse estable en el aire y evitar obstáculos mientras te va siguiendo y una aplicación es capaz de escribir textos o crear imágenes a partir de una simple instrucción. Aunque estas tecnologías parecen muy distintas entre sí, todas comparten una idea fundamental: alguien —o algo— está decidiendo cómo deben comportarse. Ese “alguien” no es una persona observando constantemente, sino un conjunto de reglas, algoritmos y modelos matemáticos que pertenecen a una disciplina conocida como teoría del control automático. Comprender el control automático nos permite entender no solo cómo funcionan las máquinas, sino también por qué la inteligencia artificial es una evolución natural de ideas desarrolladas desde hace muchos años.

Palabras clave: Control automático, inteligencia artificial, inteligencia artificial generativa, sistemas realimentados.

El principio básico: observar, comparar y actuar

Imagina que una máquina es como un niño aprendiendo a andar en bicicleta. Para no caerse, necesita saber si va muy lento, muy rápido o se está inclinando demasiado. Para ello se basa en una idea sencilla pero muy poderosa: observar, comparar y corregir. Cada vez que una máquina mide lo que está ocurriendo, lo compara con lo que debería ocurrir y actúa para corregir la diferencia, está aplicando la teoría del control automático. Sin embargo, alguien tiene que ayudarlo a decidir cuándo corregir y cómo hacerlo con base en la medición realizada. Ese “alguien” en las máquinas se llama controlador, y todo este proceso ocurre de manera continua y rápida, formando lo que se conoce como un lazo de realimentación. Como se muestra en la figura 1, este proceso ocurre en un ciclo continuo: la máquina mide lo que está

pasando mediante sensores, compara esa información con el valor deseado y, a partir de esa diferencia, el controlador genera una acción que modifica el sistema. Ese resultado vuelve a medirse, cerrando así el ciclo. Pero no todos los controladores piensan igual. Algunos son muy simples, otros son más cuidadosos y otros aprenden con el tiempo.

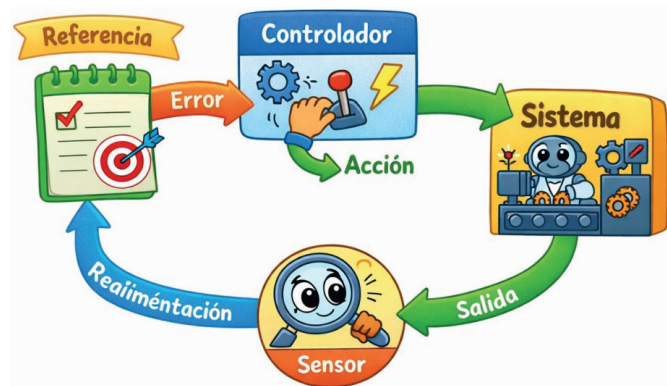


Figura 1. Sistema de control realimentado. Diagrama de un sistema de control en lazo cerrado. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI.

Distintas formas de pensar: diferentes maneras de controlar

No todas las formas de controlar funcionan de la misma manera. A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes enfoques, cada uno con ventajas y limitaciones. El controlador más simple es como una persona que solo sabe decir sí o no. Imagina que tienes frío, te pones un suéter, luego tienes calor, te lo quitas, no hay puntos intermedios en este enfoque, o lo usas o no lo usas. Así funcionan algunos controladores muy básicos denominados “todo o nada”. Un ejemplo sería un calentador que se prende cuando la temperatura de una habitación baja hasta cierto valor y se apaga cuando alcanza o supera una temperatura establecida. No piensa cuánto frío hace ni cuánto calor falta: solo decide encender o apagar. Este tipo de enfoque de control es fácil de usar, pero a veces provoca que la temperatura suba y baje todo el tiempo, como si la máquina no pudiera decidirse bien.

Ahora considera que estás caminando en una línea dibujada en el suelo. Si te sales un poquito, corriges un poquito. Si te sales mucho, corriges mucho, con base en qué tan grande es el error, se realiza la corrección en esa proporción. Este es un enfoque denominado proporcional. Si una máquina está muy lejos de lo que quiere lograr, se esfuerza más. Si está cerca, se esfuerza menos. Este tipo de controlador es más inteligente que solo prender y apagar, pero a veces se queda "casi bien", sin llegar exactamente al lugar correcto.

Pensemos ahora en alguien que está llenando un vaso con agua. Si se da cuenta de que siempre le falta un poquito de agua para llenar el vaso, la próxima vez sirve un poco más, es decir, recuerda los errores del pasado. Si una máquina presenta una desviación a su comportamiento deseado durante mucho tiempo, bajo este enfoque, se da cuenta y dice: "algo no está bien, voy a corregirlo poco a poco hasta que quede perfecto". Este enfoque es conocido en la teoría de control automático como acción integral. Gracias a este tipo de pensamiento, las máquinas pueden llegar exactamente al punto que quieren, aunque al principio no lo logren.

Ahora imagina que estás en un columpio y deseas alcanzar una cierta altura. Si ves que te estás moviendo muy rápido hacia adelante, sabes que pronto tendrás que frenar un poco, incluso antes de llegar a la altura deseada para no pasarte. Por lo tanto, no esperas a que el problema ocurra, sino que te adelantas. Este principio se aplica en el denominado control derivativo, observa qué tan rápido están cambiando las cosas y decide suavizar el movimiento antes de que sea demasiado tarde. Es como alguien que frena el coche antes de llegar a una curva peligrosa. Generalmente, este tipo de acción de control ayuda a que las máquinas se muevan de forma suave y sin sacudidas.

Cuando juntamos las últimas tres formas de pensar —corregir según el error, recordar el pasado y anticipar el futuro— obtenemos lo que se denomina un controlador PID [1]. Este controlador es como un conductor muy atento: corrige si se desvía, aprende de errores anteriores y se adelanta para evitar problemas. Por eso, es uno de los más usados en el mundo, se aplica para el control de motores, robots, elevadores, drones y muchas máquinas más. En la figura 2 se ilustra cómo estas tres acciones —proporcional, integral y derivativa— actúan de manera conjunta: una responde al error presente, otra acumula errores pasados y la tercera anticipa su cambio, logrando un control más preciso y estable.

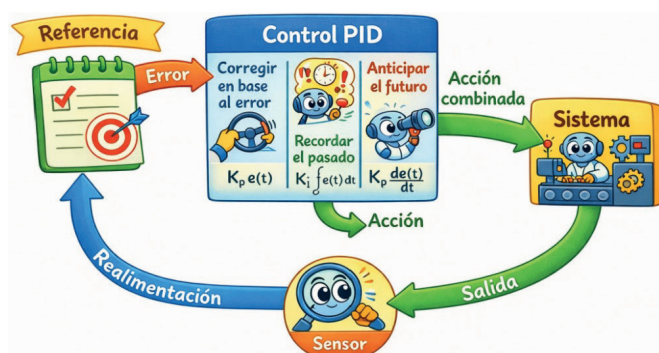


Figura 2. Sistema de control PID. Diagrama conceptual de un controlador PID que muestra las acciones proporcional, integral y derivativa actuando sobre un sistema. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI

Más allá del PID: otras formas de control

Con el paso del tiempo, las máquinas comenzaron a enfrentar tareas cada vez más difíciles. Ya no bastaba con prender, apagar o corregir de forma sencilla. Fue entonces cuando surgieron nuevas maneras de pensar para controlar sistemas más complejos. La figura 3 resume estos enfoques, mostrando cómo el control ha evolucionado desde estrategias más simples hasta métodos capaces de adaptarse, predecir y aprender, dependiendo del nivel de complejidad del sistema y de la información disponible.



Figura 3. Diferentes enfoques de control. Ilustración comparativa de diferentes enfoques de control: clásico, adaptativo, predictivo, difuso e inteligente, mostrando su evolución y nivel de complejidad. Imagen generada con ChatGPT, OpenAI.

Cuando se maneja un automóvil, no se conduce igual en una carretera recta que en un camino con curvas, baches o lluvia. Si el camino cambia, tú también cambias tu forma de manejar: reduces la velocidad, giras con más cuidado y estás más atento. Bajo este mismo principio se basa el control adaptativo [2]. Este tipo de controlador observa cómo cambia la máquina o su entorno y ajusta su comportamiento automáticamente. No usa siempre las mismas reglas, sino que las modifica para seguir funcionando bien, aun cuando las condiciones ya no son las mismas.

Si además se considera que esa misma persona que ajusta su forma de conducir según el camino no solo reacciona a lo que está pasando, sino que planifica con anticipación, es decir, usa un mapa o un GPS. Entonces, antes de acelerar o frenar, tiene una imagen en su mente del camino que viene más adelante: sabe que hay una curva cerrada, un semáforo o una subida pronunciada. Con esa información, decide desde ahora qué hacer para que el recorrido sea lo más suave y seguro posible. Así funciona el control predictivo. En lugar de limitarse a reaccionar cuando el sistema ya empezó a cambiar, utiliza un modelo del sistema para anticipar cómo se comportará en el futuro. Es como si la máquina ensayara mentalmente varias acciones posibles y evaluara cuál le dará el mejor resultado. A diferencia del control derivativo —que solo observa qué tan rápido están cambiando las cosas en ese instante— el control predictivo simula lo que pasará más adelante si toma ciertas decisiones ahora. Analiza distintos escenarios, compara opciones y elige la acción que minimiza errores, esfuerzos o riesgos antes de que estos aparezcan. No se trata de aprendizaje por experiencia, sino de planificación basada en conocimiento previo del sistema. Gracias a esto, el control predictivo no solo corrige, sino que organiza el futuro, haciéndolo especialmente útil en sistemas complejos donde actuar tarde puede ser costoso o peligroso.

Sin embargo, en la vida real, muchas decisiones no se toman con números exactos, sino con sensaciones y juicios aproximados. Una persona que va conduciendo generalmente piensa cosas como: “voy un poco rápido”, “la curva está bastante cerrada”, “el tráfico es más o menos pesado”. No mide todo con reglas ni cronómetros; simplemente combina experiencia y percepción para decidir si frena un poco, frena mucho o mantiene la velocidad. Así funciona el control de lógica difusa [3]. En lugar de trabajar solo con valores exactos como temperaturas precisas o velocidades exactas, permite que las máquinas tomen decisiones usando conceptos imprecisos, muy similares al lenguaje humano: mucho, poco, casi, lento, rápido. No exige límites rígidos, sino que acepta transiciones suaves entre estados. Gracias a este enfoque, la máquina no actúa de manera brusca, no pasa de “todo” a “nada”, sino que decide gradualmente. Es como un conductor experimentado que no necesita calcular con exactitud cada movimiento del pedal, pero aun así logra un manejo cómodo, seguro y natural.

Finalmente, si ese conductor no solo razona y planifica, sino que además aprende con el tiempo, al principio comete errores, frena tarde o acelera de más, pero después de recorrer muchas veces el mismo camino, empieza a hacerlo mejor sin que nadie se lo indique. Reconoce patrones, recuerda situaciones pasadas y ajusta su forma de conducir automáticamente. Este es el principio del control inteligente [4]. Aquí, la máquina no solo sigue reglas predefinidas, sino que incorpora mecanismos de aprendizaje, puede modificar su comportamiento con base en la experiencia, mejorar su desempeño y adaptarse a situaciones nuevas que no estaban previstas desde el inicio. El control inteligente se apoya en técnicas como redes neuronales, algoritmos evolutivos o sistemas de aprendizaje automático, y, en esencia, le da a la



máquina la capacidad de aprender de sus errores y éxitos, muy parecido a como lo hace una persona. Gracias a este enfoque, los sistemas ya no solo reaccionan ni planifican: evolucionan. Este tipo de control sienta algunas de las bases de lo que hoy conocemos como inteligencia artificial.

Aunque a veces se usan como sinónimos, el control inteligente y la inteligencia artificial no son exactamente lo mismo. El control inteligente se enfoca en mejorar el comportamiento de sistemas dinámicos —como robots, vehículos o procesos industriales— incorporando aprendizaje y adaptación dentro del lazo de control. En cambio, la inteligencia artificial es un campo más amplio que incluye no solo el control de sistemas físicos, sino también tareas como el reconocimiento de imágenes, el procesamiento del lenguaje o la generación de contenido. En este sentido, el control inteligente puede entenderse como una parte de la inteligencia artificial aplicada a sistemas que interactúan directamente con el mundo físico.

De la teoría del control a la inteligencia artificial e IA generativa

Si observamos con atención, muchas de las ideas que hoy asociamos con la inteligencia artificial nacieron mucho antes, dentro de la teoría del control automático. Desde el momento en que se buscó que una máquina corrigiera errores, anticipara lo que iba a suceder o aprendiera de su experiencia, se estaba sembrando la base de la IA [5]. Es como el conductor que primero aprende a mantener el volante derecho, luego a anticipar curvas y finalmente a mejorar su manejo con cada recorrido. La inteligencia artificial retoma estos principios y los amplía: ya no solo controla variables físicas, sino que reconoce patrones, toma decisiones complejas y se adapta a entornos cambiantes. Por otro lado, la IA generativa va un paso más allá, no se limita a elegir entre opciones existentes, sino que crea nuevas respuestas o soluciones, apoyándose en modelos que han aprendido de grandes cantidades de información [6, 7]. En el fondo, tanto la IA como la IA generativa conservan la esencia del control automático: observar, comparar, decidir y actuar, pero ahora aplicadas no solo a máquinas y procesos, sino también al conocimiento, la creatividad y la interacción con las personas. Mientras la IA tradicional decide qué hacer, la IA generativa decide qué crear. Sin embargo, ambas comparten la misma raíz: modelos que se ajustan mediante realimentación para reducir errores y mejorar resultados.



Conclusión

Desde los controladores más simples hasta la inteligencia artificial generativa, la teoría del control automático ha sido el cimiento silencioso de la tecnología moderna. Gracias a ella, las máquinas pueden comportarse de manera estable, adaptarse al entorno y, ahora, incluso crear. Comprender quién controla a las máquinas es comprender cómo la ingeniería ha permitido que la tecnología deje de ser solo una herramienta y se convierta en un sistema capaz de interactuar con el mundo de forma inteligente.



¿QUIÉN CONTROLA A LAS MÁQUINAS?

EL PAPEL DE LA TEORÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN LA VIDA DIARIA

Referencias bibliográficas

- 1 Bennett, S. (2001). *The past of PID controllers. Annual reviews in control*, 25, pp.43-53. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1367-5788\(01\)00005-0](https://doi.org/10.1016/S1367-5788(01)00005-0).
- 2 Seborg, D. E., Edgar, T. F., & Shah, S. L. (1986). *Adaptive control strategies for process control: a survey. AIChE Journal*, 32(6), pp. 881-913. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/aic.690320602>
- 3 Kumar, V., Nakra, B. C., & Mittal, A. P. (2011). *A review on classical and fuzzy PID controllers. International Journal of Intelligent Control and Systems*, 16(3), pp. 170-181. Disponible en: <https://www.ijics.cn/>
- 4 Zaitceva, I., & Andrievsky, B. (2022). *Methods of intelligent control in mechatronics and robotic engineering: A survey. Electronics*, 11(15), pp. 2443. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/electronics11152443>.
- 5 Oke, S. A. (2008). *A literature review on artificial intelligence. International journal of information and management sciences*, 19(4), pp. 535-570. Disponible en: <https://doi.org/10.6186/IJIMS>
- 6 Sengar, S. S., Hasan, A. B., Kumar, S., & Carroll, F. (2025). *Generative artificial intelligence: a systematic review and applications. Multimedia Tools and Applications*, 84(21), pp. 23661-23700. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-20016-1>
- 7 He, R., Cao, J., & Tan, T. (2025). *Generative artificial intelligence: a historical perspective. National Science Review*, 12(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf050>.