

## PERFIL DE TRAYECTORIA EN APLICACIONES MECATRÓNICAS

*G. Martínez Fernández, D. Jaramillo Viguera, A. Cruz Contreras  
Centro de Investigación e Innovación Tecnológica-IPN  
emails: germf1@hotmail.com*

### Resumen

*Durante el desarrollo de aplicaciones mecatrónicas, es importante considerar el perfil de la trayectoria con la cual se deben realizar los movimientos. En este trabajo se presenta una propuesta de un control de movimiento y una selección del motor para tener un desempeño ideal en los mecanismos.*

### Introducción

Cuando un cuerpo realiza un desplazamiento de un punto "A" a un punto "B", saliendo del estado de reposo y llegando nuevamente a este, primeramente debe acelerar hasta llegar a una velocidad máxima, hacer el recorrido a esta velocidad, llegando a una posición en la cual debe comenzar a desacelerar, hasta alcanzar el reposo en el punto "B". La gráfica de este desplazamiento se conoce como el perfil de trayectoria (Figura 1).

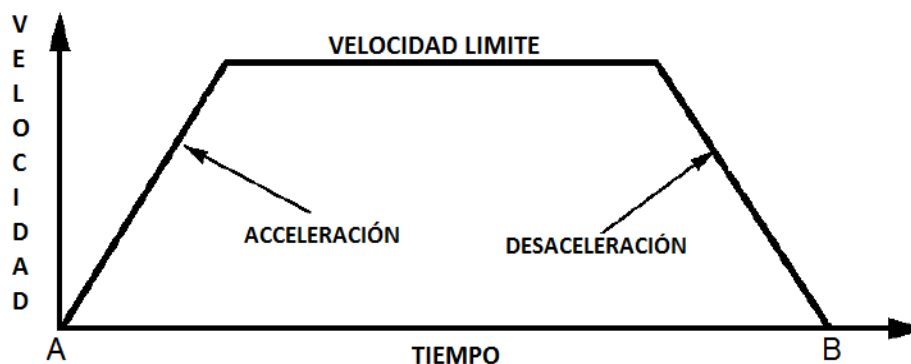


Figura 1. Gráfica de perfil de trayectoria

Para ejemplificar, se utilizará un medio de uso cotidiano, el automóvil; el cual, cuando se empieza un viaje, parte del reposo acelerando gradualmente, viaja a una máxima velocidad permitida, cuando se encuentra cerca del destino se comienza a frenar (desacelerar) hasta alcanzar el reposo. Si la conducción se da de manera incorrecta, haciendo cambios bruscos de velocidad, se carece de un control apropiado del automóvil y se pueden ocasionar daños a sus sistemas.

En aplicaciones mecatrónicas, el movimiento de los mecanismos se debe realizar con un perfil de trayectoria como el descrito, ya que de lo contrario aceleraciones abruptas generarían fuertes sacudidas, dando un mal funcionamiento del mecanismo, el cual puede ocasionar daños.

El movimiento de los mecanismos se realiza por medio de motores de corriente directa, por lo tanto en el motor se deben regular las variables de posición, aceleración y velocidad, esta tarea, se realiza por medio de un controlador electrónico (driver).

## Servomotor

Para la tarea de posicionamiento se emplean motores de corriente directa, estos motores se conocen comercialmente como servomotores.



Figura 2. Servomotor AC300022  
Microchip

El servomotor es un motor de alta precisión, es decir, se caracteriza por la capacidad que tiene de ubicarse en cualquier posición angular y velocidad, dentro de un rango de operación, con la habilidad de poder mantener una estabilidad dentro de esos parámetros. Además, puede mantener el nivel de torque a altas velocidades de giro, proporcionando muy buena operación a bajas velocidades. Por lo cual, son utilizados en las más variadas aplicaciones industriales, en donde una elevada dinámica, control de par, y alta precisión de velocidad y posicionamiento son necesarios, por ejemplo: corte, impresión, etiquetado, empaçado, manipulación de alimentos, robótica y automatización de fábricas.

Aunado a esto, los servomotores son compactos, lo cual reduce la inercia del rotor, esto permitiendo una aceleración y un posicionamiento más rápidos. Pueden ser usados con retroalimentación, lo cual provee información al controlador para monitorear el proceso y llevar a cabo tareas con mayor precisión.

## Control Distribuido

Para lograr comportamiento del perfil de trayectoria, utilizando los servomotores en los mecanismos, se deberán regular tres variables: posición, velocidad y aceleración. Esto se logra a través de un sistema de control distribuido. Un control distribuido se compone de dos partes principales: i) sistema regulatorio y ii) sistema supervisor. Para uso en aplicaciones mecatrónicas, se utiliza el control regulatorio para controlar la variable de posición y el control supervisor para las variables de velocidad y aceleración.

Al ser las variables velocidad y aceleración dependientes de la posición, bastará con regular la variación de posición. A través de un tiempo calculado se tendrá el control de la aceleración y velocidad. Para regular la posición puede emplearse un algoritmo de control clásico PID, el cual es un algoritmo que ha demostrado un buen desempeño en la industria, y tiene un costo computacional muy reducido, ya que está basado en operaciones simples de suma, resta y multiplicación. Para calcular el tiempo del desplazamiento entre cada fracción de avance, se pueden emplear las ecuaciones de movimiento rectilíneo uniforme y movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

### Sistema regulatorio

Para el control regulatorio de posición se implementa la ecuación 1, a través de un lazo de control cerrado como el mostrado en la figura 3.

$$u(n) = k_p e(n) + k_i \sum_{n=0}^n e(n) + k_d [e(n') - e(n' - 0)]$$

Ecuación 1. Filtro PID en tiempo discreto

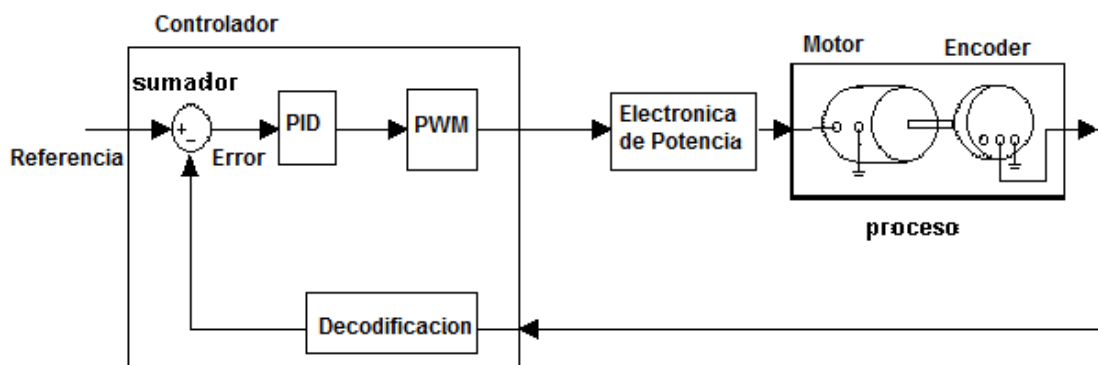


Figura 3. Diagrama a bloques de un control de posición para servomotor

Todo algoritmo de control mide el valor real de la variable y lo compara con el valor de referencia dado. Al valor de referencia se le sustrae el valor real, de lo que se obtiene la magnitud del error. El error pasa a través del filtro PID generando una acción de control, la cual se conforma por tres

acciones distintas en función del error: i) proporcional que actúa de acuerdo a la magnitud; ii) integral que va de acuerdo a su duración y iii) derivativa que considera la razón de cambio.

## Sistema supervisor

El sistema supervisor es el encargado de monitorear el correcto desempeño del sistema regulatorio, además de, brindar al sistema regulatorio el cambio en la referencia de posición con cierto tiempo precalculado para generar el desplazamiento a velocidad y aceleración requeridos.

## Implementación

Para la implementación del control distribuido propuesto, en el cual se regulan las variables de posición, velocidad y aceleración se emplea: lógica reconfigurable para una implementación concurrente, con la cual se logra una regulación en tiempo real; un procesador de propósito general para las tareas supervisoras. Existen drivers comerciales diseñados para cumplir con los requerimientos de movimiento, por citar algunos fabricantes: Siemens, Emerson Process, General Electric, Wonderware, Parker; en ocasiones, estos drivers no brindan la versatilidad y en muchos casos no son escalables para necesidades más robustas o complejas, otro factor, es que su costo es elevado perjudicando la viabilidad económica de la aplicación.

## Conclusiones

Los mecanismos usados en aplicaciones mecatrónicas, necesitan tener un control en sus movimientos para tener un óptimo funcionamiento, por lo cual se necesitan regular las variables de posición, velocidad y aceleración. Realizar implementación sin considerar el perfil de trayectoria, conlleva a que los resultados siempre estén lejos de un funcionamiento apropiado. Por ello, desarrollar tecnología en esta área es de vital importancia, para que se puedan realizar aplicaciones mecatrónicas innovadoras que cumplan con un desempeño óptimo y sean viables en cuanto a costos.

## Referencias

Poza, J. L., Posadas, J. L., & Simó, J. E. (2009). Arquitecturas de control distribuido. Technical Report. Universidad Politécnica de Valencia.

Reynoso-Meza, G., Blasco, X., & Sanchis, J. (2009). Diseño multiobjetivo de controladores pid para el benchmark de control 2008-2009. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, 6(4), 93-103.