1. Se desea controlar por realimentación con un regulador proporcional de ganancia K, un sistema cuya función de transferencia es:

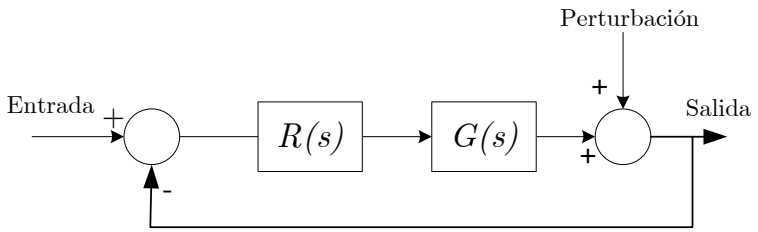
$$G(s) = \frac{s+5}{(s-1)(s+2)(s+3)}$$

   (a) Analizar mediante el método del lugar de las raíces, el comportamiento del sistema en función del valor de K, apoyándose en gráficas aproximadas de la respuesta a escalón en los diferentes casos. (Nota: Se sabe que el sistema tiene una raíz doble dominante en $s = -0{,}322$ para $K = 1{,}27$).

   (b) Comentar los errores de posición, velocidad y aceleración y cómo variarían si se utilizase un regulador PI.

2. Para el sistema realimentado de la figura, comentar cómo le afectaría una señal de perturbación (en la salida) que contuviese frecuencias en el rango entre 1 y 6 Hz. ¿Y si fuese de 600 Hz?

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad \text{y} \quad R(s) = 1$$



3. Los trenes de levitación magnética circulan suspendidos en el aire, sin contacto físico con el suelo. Esto les permite alcanzar grandes velocidades con un consumo bajo ya que el único rozamiento es el aerodinámico. La levitación magnética se consigue gracias a unas bobinas que producen una fuerza de levitación que se puede aproximar según la ecuación $F_L(t) = K\frac{i(t)^2}{z(t)^2}$. El peso del tren, que se opone a esta fuerza, viene dado por $F = mg$. El conjunto de todas las fuerzas determina el movimiento vertical del tren $\sum F = ma = m\frac{d^2z}{dt^2}$.

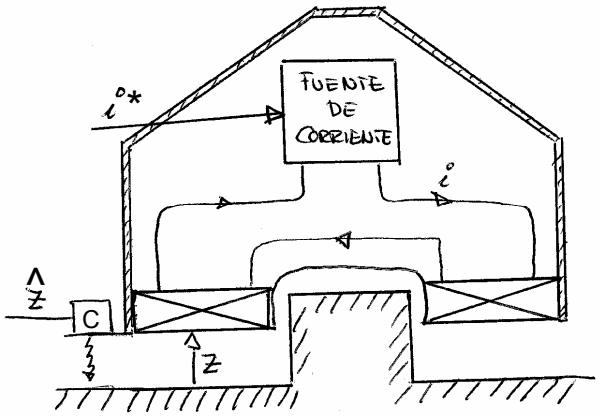


Figura 1: Esquema del sistema de levitación magnética. El bloque "C" representa el captador que mide el nivel de levitación $z(t)$. Las bobinas de levitación son los dos elementos marcados por un aspa.

Para poder ajustar el nivel de levitación a un valor de referencia z_{ref} se diseña un sistema de control que consta de los siguientes elementos:

- Un captador que mide el nivel de levitación del tren, $z(t)$, dando una medida $\hat{z}(t)$. El captador se supone instantáneo y de ganancia unidad.

- Un comparador, que calcula el error que se comete. $e(t) = z_{ref}(t) - \hat{z}(t)$.
- Un regulador, que a partir del error, genera una referencia de corriente $i^*(s) = R(s)e(s)$.
- La fuente de corriente toma el valor de $i^*(t)$ y aplica una corriente $i(t)$ a las bobinas, de forma instantánea y con ganancia unidad.

(a) Linealizar en torno a un punto de equilibrio definido por un valor de la corriente $i_0 = 50$ A y una altura igual a $z_0 = 0,1$ m.

(b) Obtener el diagrama de bloques de todo el sistema, indicando cada una de las señales.

(c) Diseñar el regulador que se considere apropiado para lograr las siguientes especificaciones: el sistema debe ser estable, no presentar resonancia y tener un tiempo de establecimiento menor que 0,2221 s.

(d) Diseñar el regulador que se considere apropiado para lograr las siguientes especificaciones: el sistema debe ser estable, con todas las raíces en el eje real, y un tiempo de establecimiento menor que 0,5 s.

(e) Modificar como proceda el diagrama de bloques para considerar el efecto de la subida al tren de una persona que pese 100 Kg. Dibujar la variación de la altura del tren en ese caso.

Datos: $K = 0{,}04, m = 1000, g = 10$ *(unidades en el sistema internacional)*