



**Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara**

**Ingeniería en Mecatrónica**

**Diseño de sistemas de control (Gpo 502)**

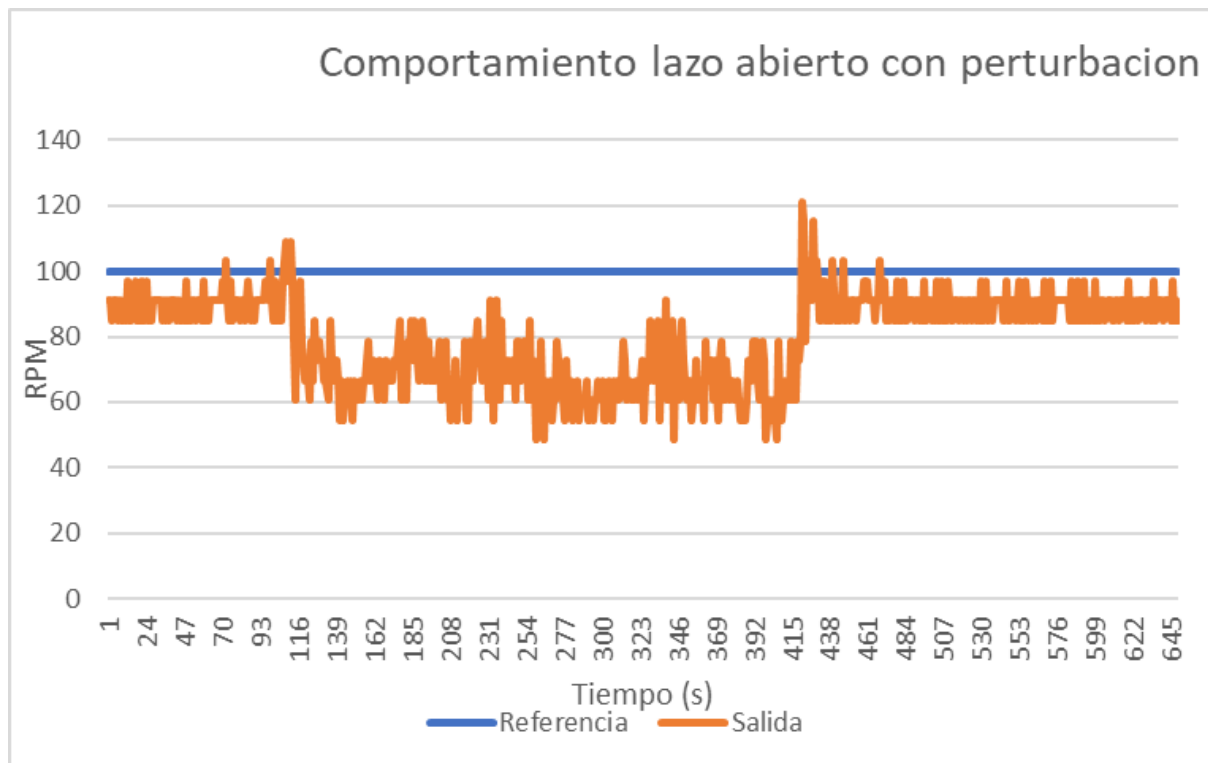
**Entregable final parte 2**

- Octavio Fera Cavargas A01640437
  - Julia Fritz A01760509
- Edgar Adolfo Ochoa Mendoza A00344644
  - Jesús Ramírez Zárate A01639933

## 1.- Simulación del proceso de velocidad de un motor en lazo abierto.

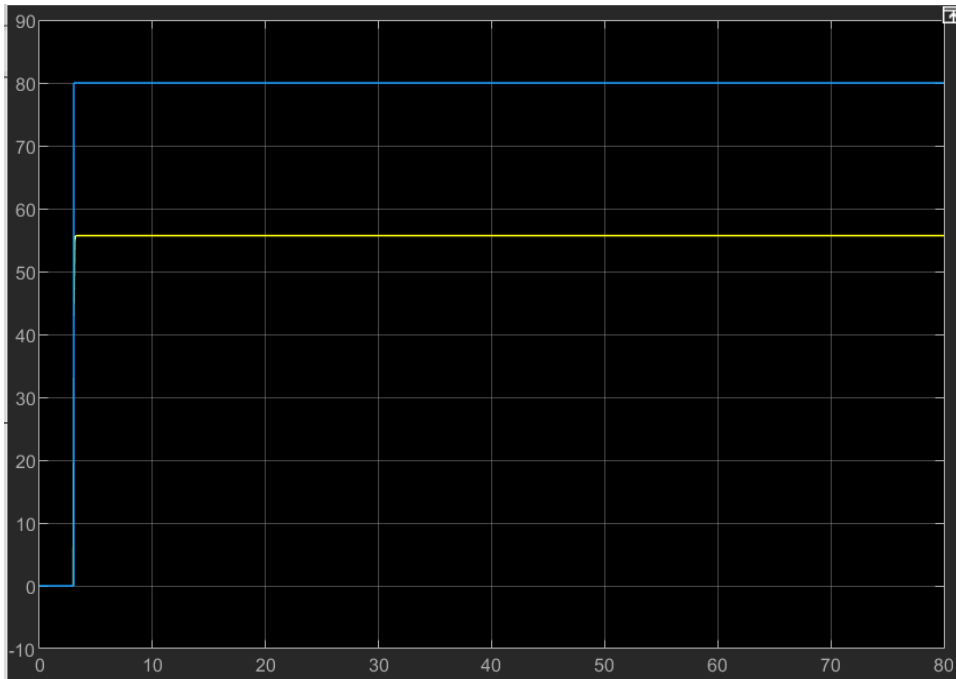
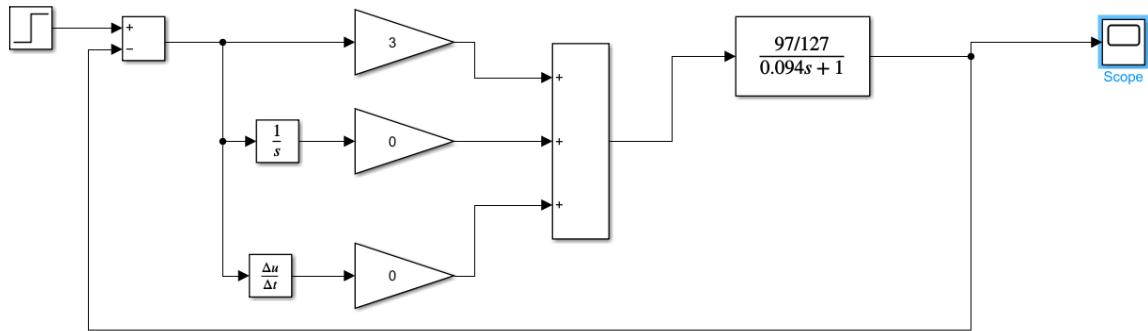
Aquí podemos observar como en lazo abierto el sistema reduce la velocidad de cuando se le aplica una carga al motor; deja de seguir la referencia y el error incrementa.

Para ser precisos, el error sin perturbación oscila entre 12% y 8% de error, mientras que con la perturbación el error aumenta hasta un 50% de discordancia con la referencia.



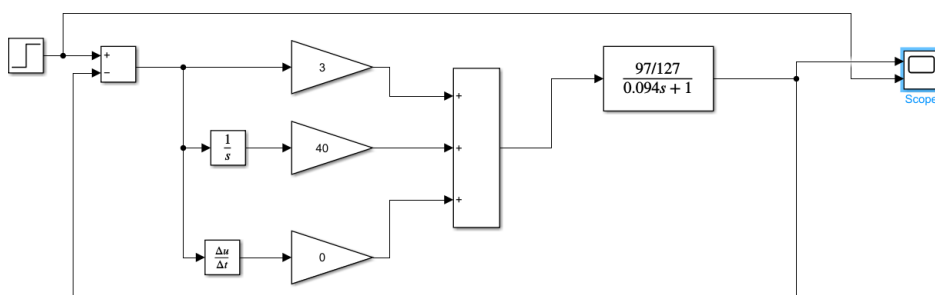
## 2.- Simulación de control proporcional para controlar la velocidad del motor.

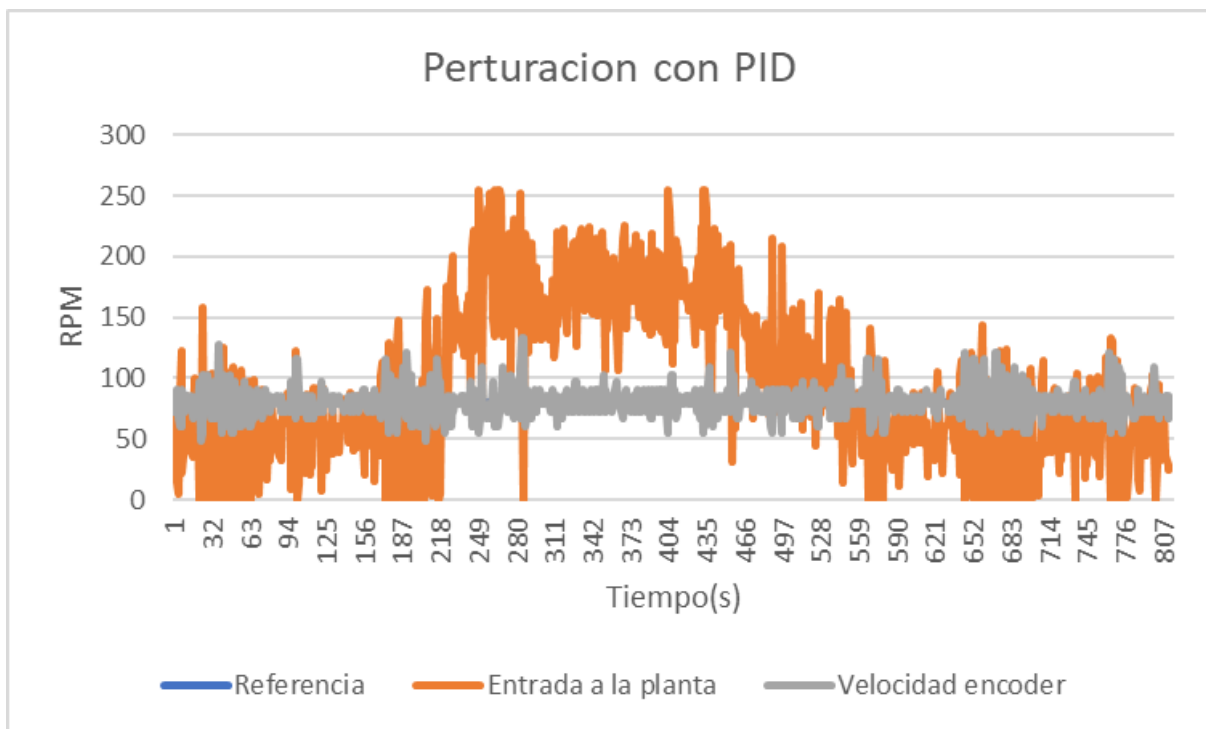
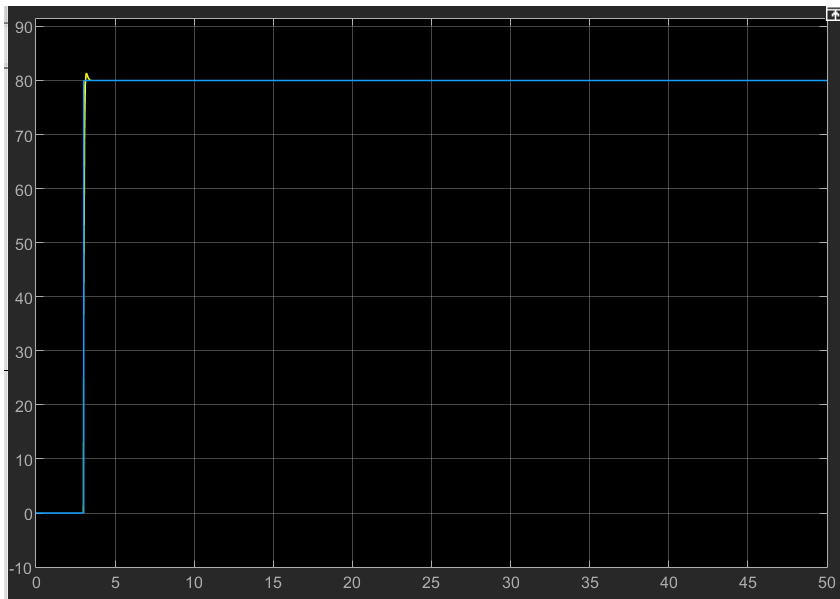
Como se observó anteriormente este sistema del motor en lazo abierto es muy inestable, por lo que se hizo uso de una ganancia proporcional para buscar corregir dicho comportamiento y buscar que el sistema en lazo cerrado logre seguir el valor de la referencia propuesto que para nuestro sistema sería un valor de 80 rpm, en este caso el valor propuesto para la ganancia proporcional es un valor de 3 ya que dicho valor permite que el sistema se acercara más a la referencia sin hacer el sistema inestable.



### 3.- Simulación de control proporcional e integral para controlar velocidad del motor.

En este caso se le agregó la ganancia integral a nuestro controlador, con el objetivo de minimizar el error lo más posible, sin alterar la velocidad en la respuesta del sistema.





Como se puede observar en la gráfica anteriormente mostrada, con el controlador PI implementado en el sistema, se logró que el motor siguiera la referencia propuesta de 80 rpm a pesar de que el sistema sufriera de perturbaciones, esto gracias al sistema de control que permite estar midiendo el error constantemente y comparándolo con la referencia de manera que el sistema puede modificar sus valores de salida en función del error para que en todo momento el motor siga la referencia propuesta, cosa que no sucedía en el sistema en lazo abierto.

#### 4.- Implementación de control proporcional e integral para controlar la velocidad del motor

Para implementar el control en el microcontrolador se hizo uso del mismo código con el que se encontró la función de transferencia del sistema, pero en esta ocasión se modificó de manera que se propuso el valor de entrada como la referencia de 80 rpm con una entrada escalón de 3 segundos, posteriormente calcular el error comparando dicha referencia contra la velocidad real medida, posteriormente se calculó el error integral con ayuda de métodos numéricos empleados para lograr dicho objetivo y una vez con esos valores se calculó la entrada que debe tener el motor para seguir la referencia y dicho valor es el valor que le otorgara el microcontrolador al puente H el cual accionará el motor siguiendo la referencia deseada.

#### Código de PI

```
void loop() {
  if (tiempo<=3)
  {
    entrada=0;
  }
  else
  {
    entrada=80;
  }
  error=entrada-VelocidadEnRPM; //calculamos error
  errorI=errorI+0.02*error;    // calculamos error integral
  salidaM=(3*error)+(40*errorI); //modificamos la salida
  if (salidaM>255)             //limites reales maximos
  {
    salidaM=255;
  }
  else if (salidaM<0) //limites reales minimos
  {
    salidaM=0;
  }
  analogWrite(11,salidaM);
}
```

#### 5.- Comparación entre la respuesta del sistema en lazo abierto y en lazo cerrado.

Como se puede observar en las gráficas anteriormente mostradas el sistema en lazo abierto no sigue la referencia que se busca, que en su caso fue de 80 rpm, a diferencia de en lazo cerrado que si se logra alcanzar dicha referencia con ayuda de una ganancia proporcional, la cual ocasiona que el sistema busque seguir la referencia, sin embargo con la ganancia proporcional no es suficiente para lograr esto, es por ello que se hizo uso de una ganancia integral, la cual se encarga de

reducir el error de la salida del sistema, por lo que el sistema logra alcanzar el valor deseado en un tiempo aceptable. Por lo anterior se puede concluir que el sistema en lazo cerrado nunca se iba a estabilizar, ya que requería de ciertos elementos de control los cuales ayudan a que conforme pase el tiempo el error vaya siendo cada vez menor, a tal punto que la salida consiga obtener el valor de referencia deseado como lo fue en el caso de un control PI para este sistema.

#### **6.- Implementación de este controlador para regular la velocidad en el Rover de Marte descrito en la situación problema.**

Implementar este controlador en un Rover permite que en todo momento este siga la velocidad de referencia que envió el control de misión independiente del terreno, esto es particularmente importante en esta situación por que la distancia que separa la tierra de Marte hace imposible corregir al instante la velocidad desde la tierra cuando se encuentra un obstáculo por lo tanto debe hacerse con un controlador como este.

Lo único que se debe de considerar es que el actuador tenga la potencia necesaria para cumplir con la entrada a la planta que otorga el controlador y considerar que esto implica un gasto de energía extra por lo que la autonomía se verá afectada.

#### **7.- Elaborar reporte con las reflexiones de los puntos anteriores**

Siempre que se logre identificar las variables correctas en un sistema podremos controlarlo, como lo fue en este caso y lo es en muchos más casos lo cual nos permite tener un sin fin de herramientas y avances tecnológicos que favorecen a que se tenga una vida más cómoda actualmente o que a su vez facilitan una gran cantidad de procesos industriales. Además cabe mencionar que dependiendo del sistema será el tipo de control que se utilizara, ya que en ocasiones es suficiente con usar un controlador proporcional para que un sistema en lazo cerrado funcione adecuadamente, sin embargo para aplicaciones más complejas o que se requiere un mayor cuidado y precisión es necesario utilizar controladores más elaborados como lo puede ser un controlador PID, el cual es de gran ayuda y utilidad para sistemas que son complejos de controlar, junto con otras más técnicas de control que sin duda alguna pueden ser utilizadas en un vehículo Rover de Marte.