Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

TE3002B.501

Integración de robótica y sistemas Inteligente (Gpo 501)

Semestre: febrero - junio 2024

Actividad 6 (Evaluación Filtro de KALMAN)

Alumno:

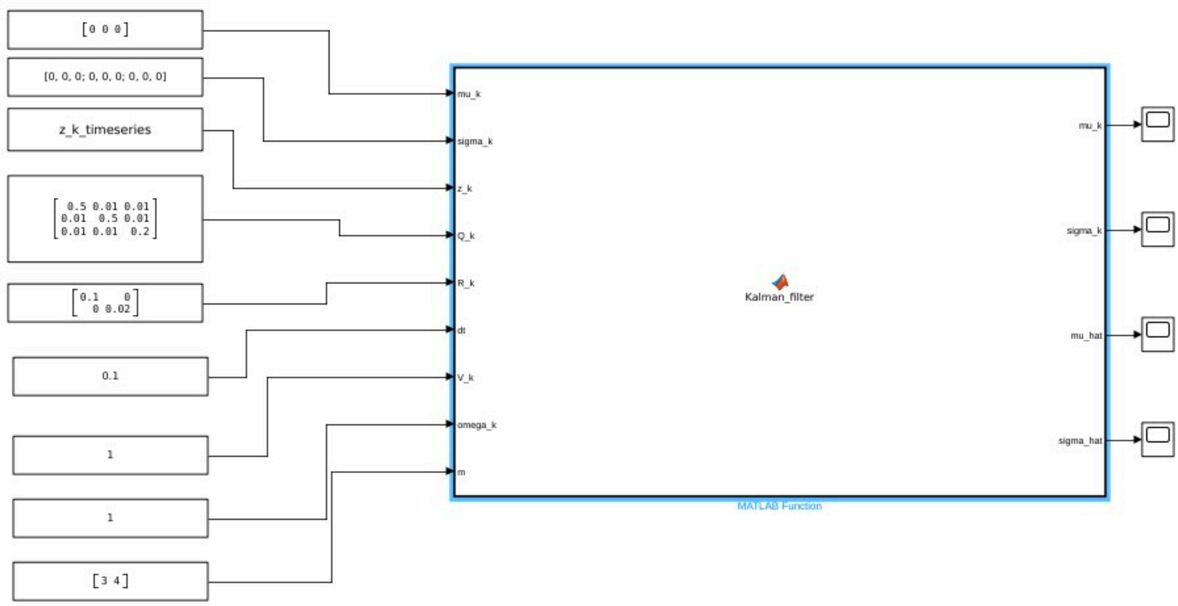
Daniel Ruán Aguilar A01731921

Objetivos:

El propósito de esta actividad es obtener la simulación del modelo de predicción y del modelo de corrección en simulink, obteniendo el vector de estados para las primeras 3 iteraciones (k1, k2 y k3), con los datos propuestos en el planteamiento del problema.

Desarrollo:

A continuación, se programa el bloque de simulink que realizará el filtro de kalman y se ingresarán cómo constantes las entradas de los parámetros iniciales propuestos en la actividad:



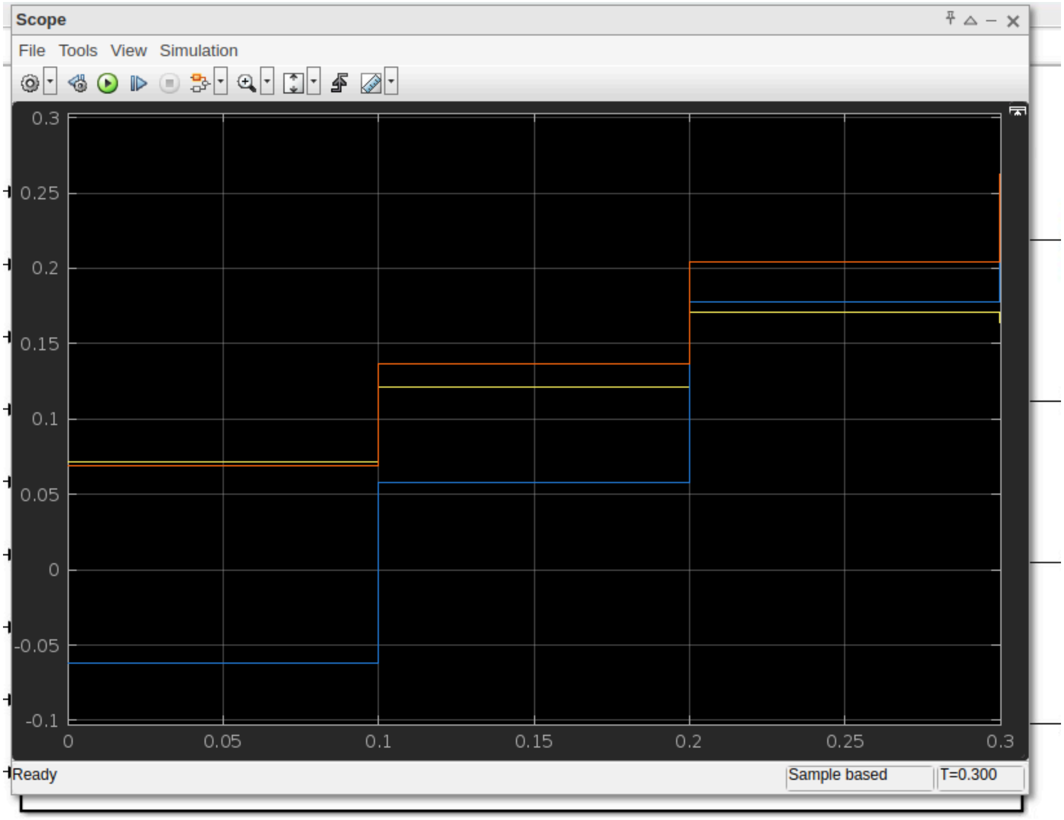
Kalman_filter (MatLab Function):

Kalman_filter ▸ MATLAB Function

```matlab
function [mu_k, sigma_k, mu_hat, sigma_hat] = Kalman_filter(mu_k, sigma_k, z_k, Q_k, R_k, dt, V_k, omega_k, m)
%#codegen

    % Predicción -- Dead Reckoning
    % PASO 2 - Calcular la posición estimada del robot
    step = [dt*V_k*cos(mu_k(3));
            dt*V_k*sin(mu_k(3));
            dt*omega_k];
    mu_hat = mu_k + step;

    % PASO 3 - Calcular el modelo linealizado usando propagación de incertidumbre (Jacobiano)
    H = [1, 0, -dt*V_k*sin(mu_k(3));
         0, 1, dt*V_k*cos(mu_k(3));
         0, 0, 1];

    % PASO 4 - Calcular propagación de la incertidumbre
    sigma_hat = H * sigma_k * H' + Q_k;

    % Corrección / Modelo de observación

    % PASO 5 - Calcular error al landmark (Medida real)
    delta = m - mu_hat(1:2);

    % PASO 6 - Calcular medida con el Modelo de observación
    z_hat = [sqrt(sum(delta.^2));
             atan2(delta(2), delta(1)) - mu_hat(3)];

    % PASO 7 - Linealizar el Modelo de observación
    G = [-delta(1)/(sqrt(sum(delta.^2))), -delta(2)/(sqrt(sum(delta.^2))), 0;
         delta(2)/(sum(delta.^2)), -delta(1)/(sum(delta.^2)), -1];

    % PASO 8 - Incertidumbre de la medición
    Z = G * sigma_hat * G' + R_k;

    % PASO 9 - Ganancia de kalman
    K = sigma_hat * G' / Z;

    % PASO 10 - Calcular la posición del robot usando la observación real z_i
    mu_k = mu_hat + K * (z_k - z_hat);

    % PASO 10 - Calcular covarianza
    sigma_k = (eye(3) - K * G) * sigma_hat;
end
```

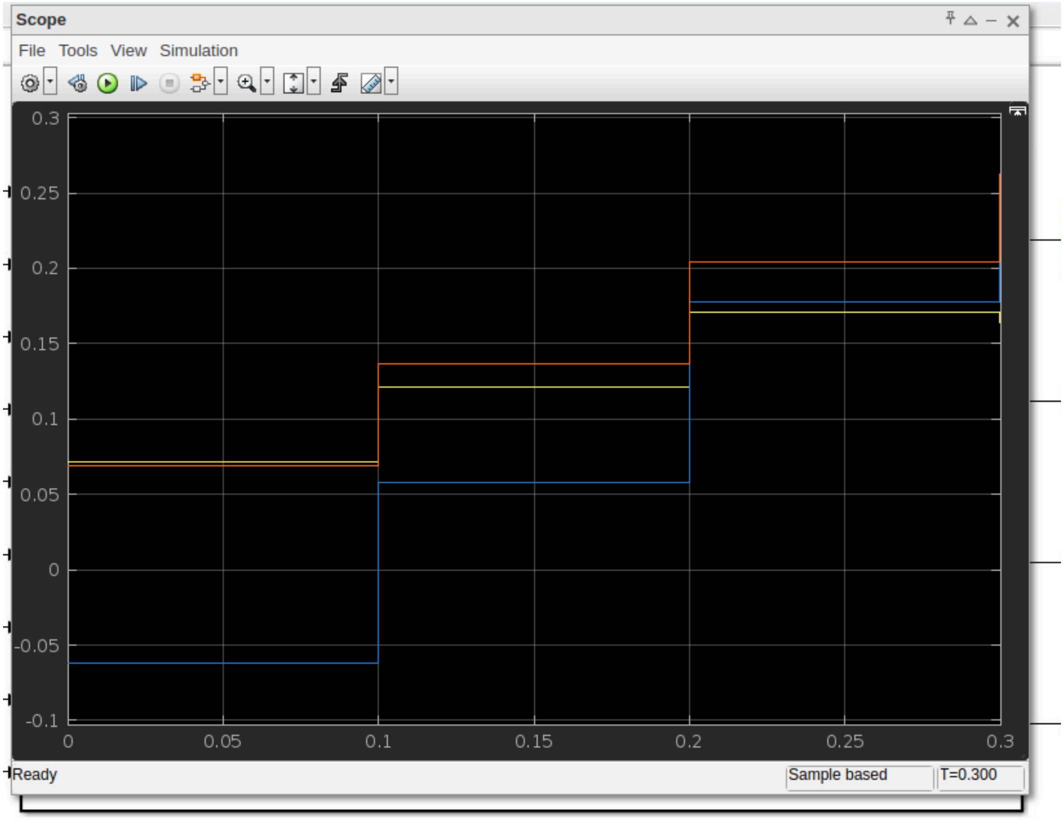
a) ¿Cuál es el comportamiento del movimiento de translación del Sistema ?

Para saber el comportamiento de la translación, veremos como se mueve el sistema en el plano x−y a lo largo del tiempo. Por lo que, para analizar esto, obtendremos el Scope de μk a lo largo del tiempo.



Cómo se puede observar en las 3 iteraciones, el sistema sigue una trayectoria lineal con un patrón de movimientos rectilíneos y cambios bruscos entre cada una de las iteraciones.

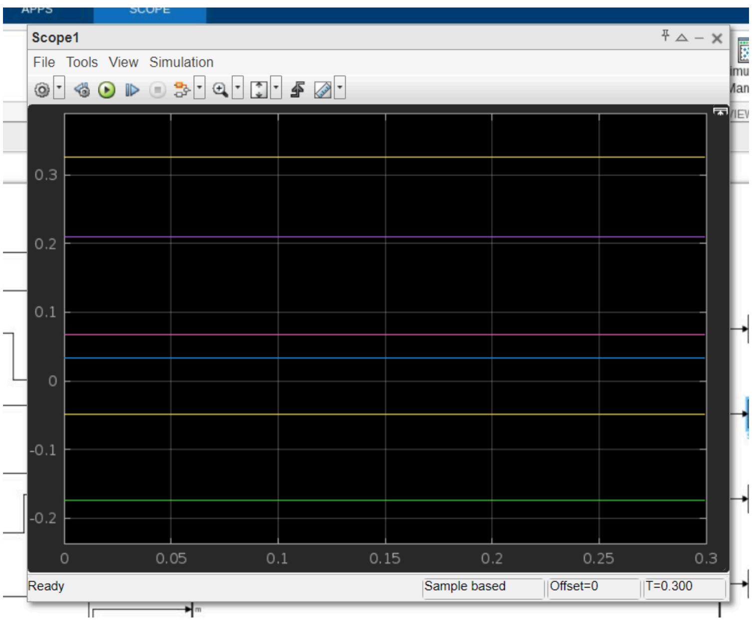
b) ¿Cuál es el comportamiento del movimiento de rotación del Sistema ?



El gráfico de θ vs. El tiempo muestra cómo cambia la orientación del sistema a lo largo del tiempo. Se puede ver un cambio lineal en θ, lo cual indica una rotación constante, mientras que los cambios abruptos indican giros rápidos o correcciones bruscas.

c) ¿Cómo es la evolución de las matrices de covarianza?

Para saber la evolución de las matrices de covarianza, veremos cómo cambia a través del tiempo al graficar los resultados de Sigma_k



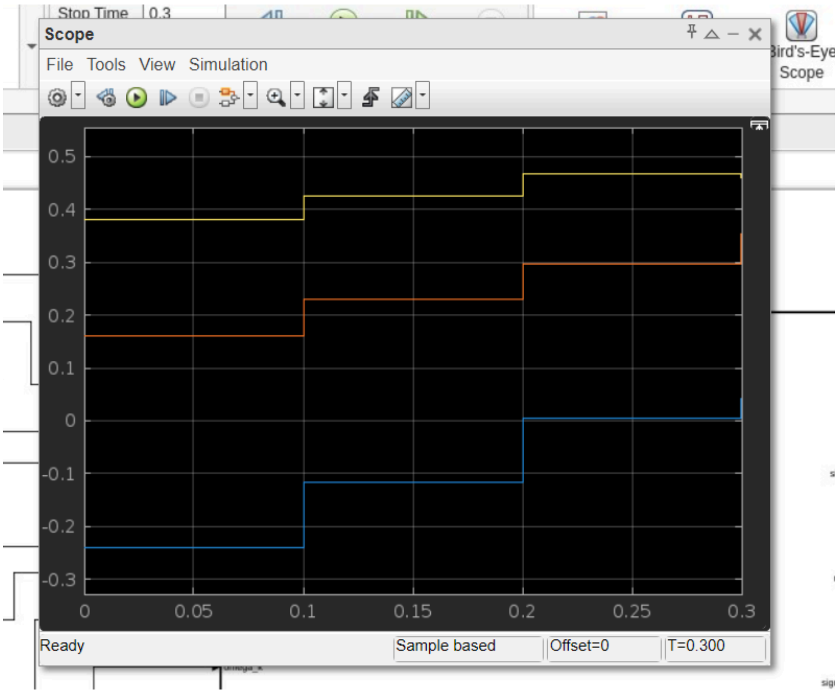
Se puede ver que mientras el tiempo transcurre en las 3 iteraciones, la covarianza va disminuyendo y varía de valores cercanos a cero, lo cual indica poca o ninguna relación entre las incertidumbres de los estados; mientras que los valores negativos indican un aumento en la incertidumbre de un estado que está asociado con una disminución en la incertidumbre de otro estado.

d) Modifica los parámetros de las velocidades y responde lo siguiente: ¿tiene el mismo comportamiento el Sistema?, ¿qué ocurre si aumentan las velocidades?, ¿que ocurre si disminuyen las velocidades?

Al variar la velocidad del sistema, la respuesta del sistema cambia:

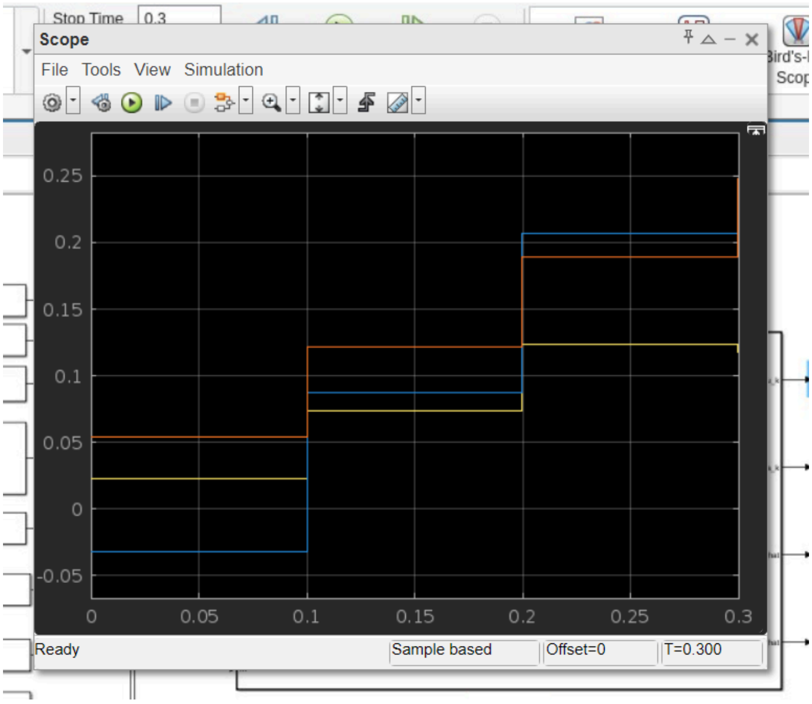
- ❖ Efecto de Aumentar las Velocidades
  - ➢ Velocidad Lineal (Vk)
    - ■ Mayor desplazamiento: Aumentar Vk resulta en un mayor desplazamiento del robot en cada paso de tiempo.
    - ■ Mayor incertidumbre: A medida que el robot se mueve más rápido, la incertidumbre en su posición aumenta debido a la mayor distancia recorrida en el mismo intervalo de tiempo. Esto también resulta en una mayor propagación de la incertidumbre en las predicciones del filtro de Kalman.
    - ■ Aumento de las covarianzas: Las covarianzas aumentan debido a la mayor incertidumbre en la posición.
  - ➢ Velocidad Angular (ωk)
    - ■ Cambios más rápidos en la orientación: Al aumentar ωk resultan cambios más rápidos en la orientación del robot.
    - ■ Mayor incertidumbre angular: La incertidumbre en la estimación de la orientación θ aumenta debido a los cambios más rápidos en la dirección del movimiento.

Con los parámetros Vk= 4 m/s y Wk = 4 m/s , μk resulta de la siguiente manera:



- Efecto de Disminuir las Velocidades
  - Velocidad Lineal (Vk)
    - Menor desplazamiento: Disminuir Vk resulta en un menor desplazamiento del robot en cada paso de tiempo.
    - Menor incertidumbre: Con un menor desplazamiento, la incertidumbre en la posición se reduce debido a la menor distancia recorrida.
    - Disminución de las covarianzas: Las covarianzas disminuyen debido a la menor incertidumbre en la posición.
  - Velocidad Angular (ωk)
    - Cambios más lentos en la orientación: Disminuir ωk causa cambios más lentos en la orientación del robot.
    - Menor incertidumbre angular: La incertidumbre en la estimación de la orientación θ disminuye debido a los cambios más lentos en la dirección del movimiento.

Con los parámetros Vk= 0.5 m/s y Wk = 0.5 m/s , μk resulta de la siguiente manera:



e) Modifica los parámetros de las matrices de covarianzas y responde lo siguiente: ¿tiene el mismo comportamiento el Sistema?, ¿qué ocurre si aumentan los parámetros de la matriz Qk?, ¿qué ocurre si aumentan los parámetros de la matriz Rk?,

Modificar los parámetros de las matrices de covarianza Qk y Rk tendrá un impacto significativo en el comportamiento del filtro de Kalman. Ya que estas matrices controlan la incertidumbre en el modelo de movimiento y el modelo de observación, respectivamente.

- ❖ Matriz de Covarianza del Modelo de Movimiento (Qk) & Matriz de Covarianza del Modelo de Observación (Rk)

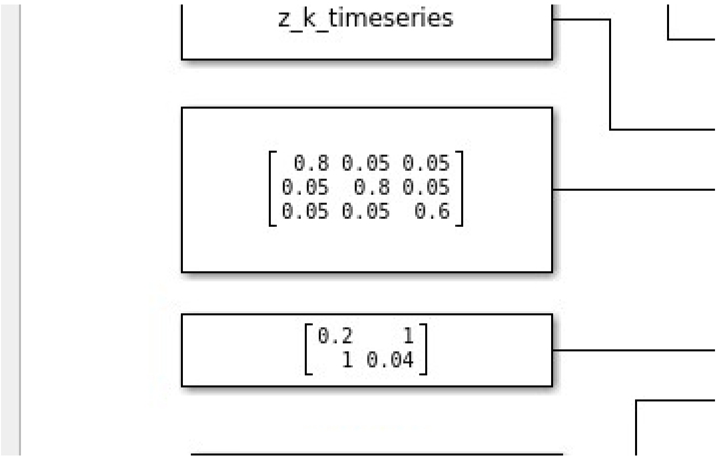
  La matriz Qk representa la incertidumbre en el modelo de movimiento del sistema, describe cómo la incertidumbre en la predicción del estado del sistema (debido a los movimientos del robot) se propaga.

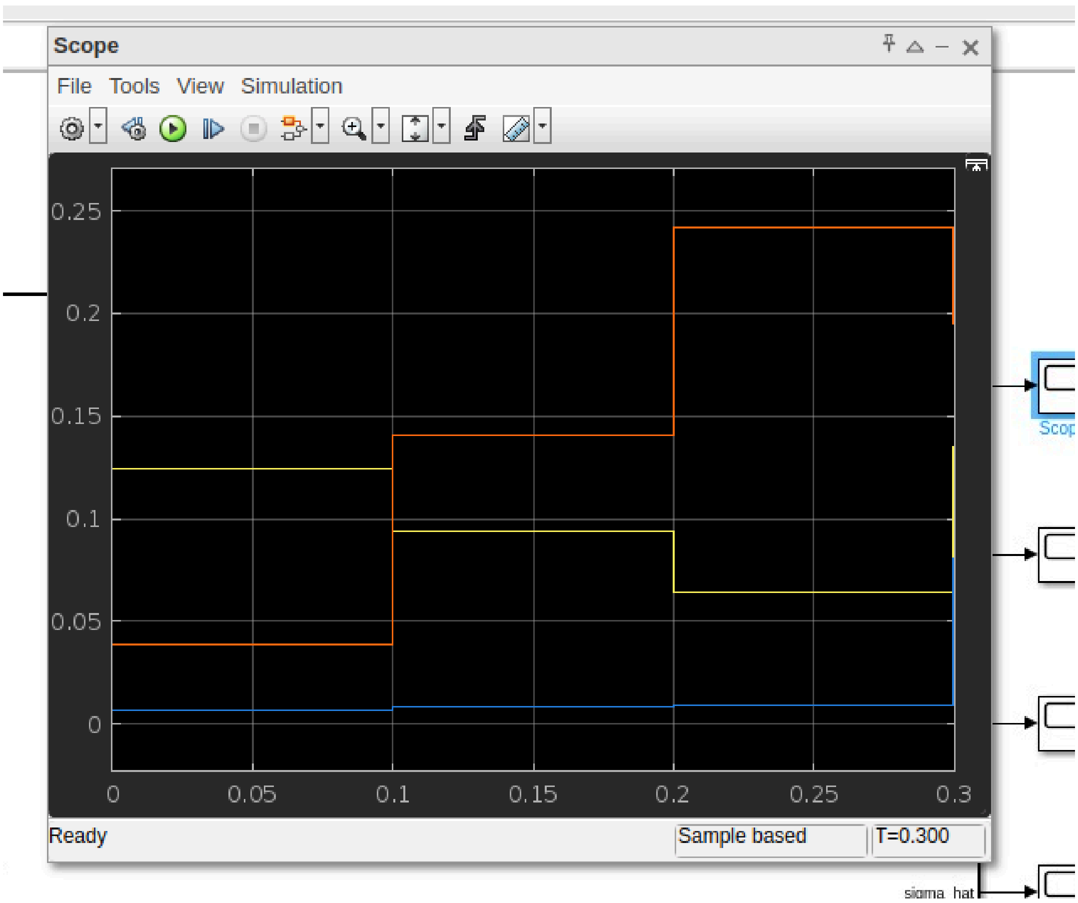
  Mientras que la matriz Rk representa la incertidumbre en las mediciones del sistema. Describe cómo la incertidumbre en las observaciones afecta la actualización del estado del sistema.

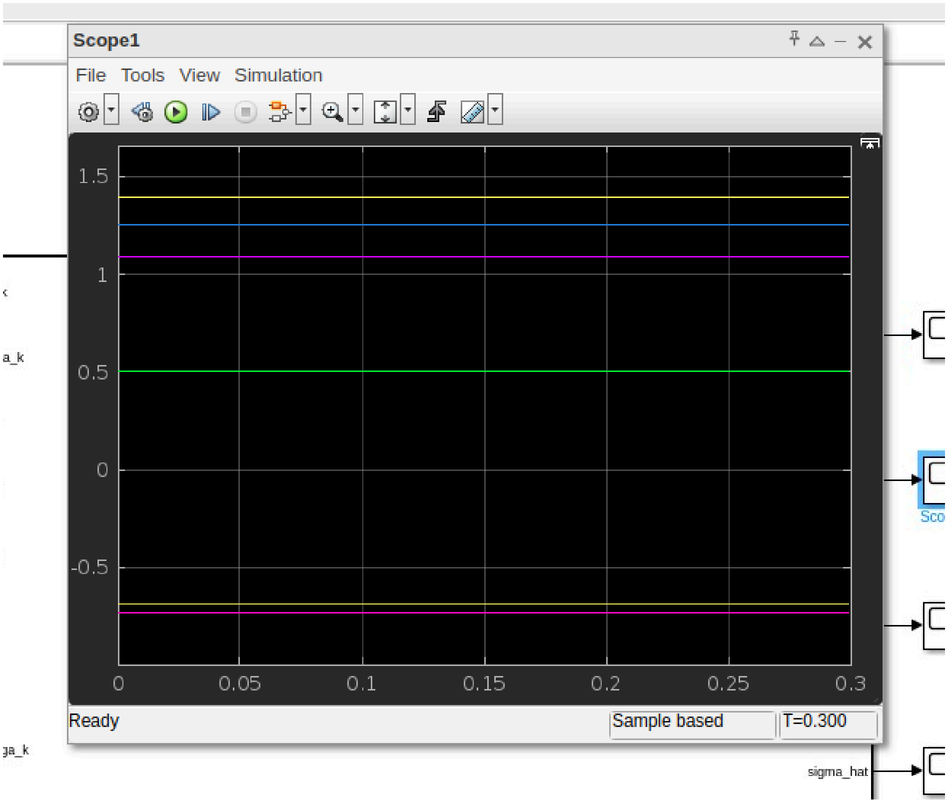
  - ➢ Aumento de los Parámetros de Qk y Rk:
    - ■ Mayor incertidumbre en el movimiento: Aumentar los valores indica que existe menos confianza en el modelo de movimiento del robot. Esto resulta en una mayor incertidumbre en las predicciones de los estados.

- Mayor Covarianza en σk: Las varianzas de la matriz de covarianza σk aumentan debido a la mayor incertidumbre en el modelo de movimiento.

Aumentando los paŕametros en las matrices tenemos lo siguiente en mu_k y sigma_k:

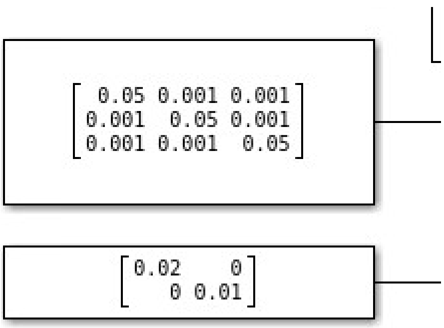


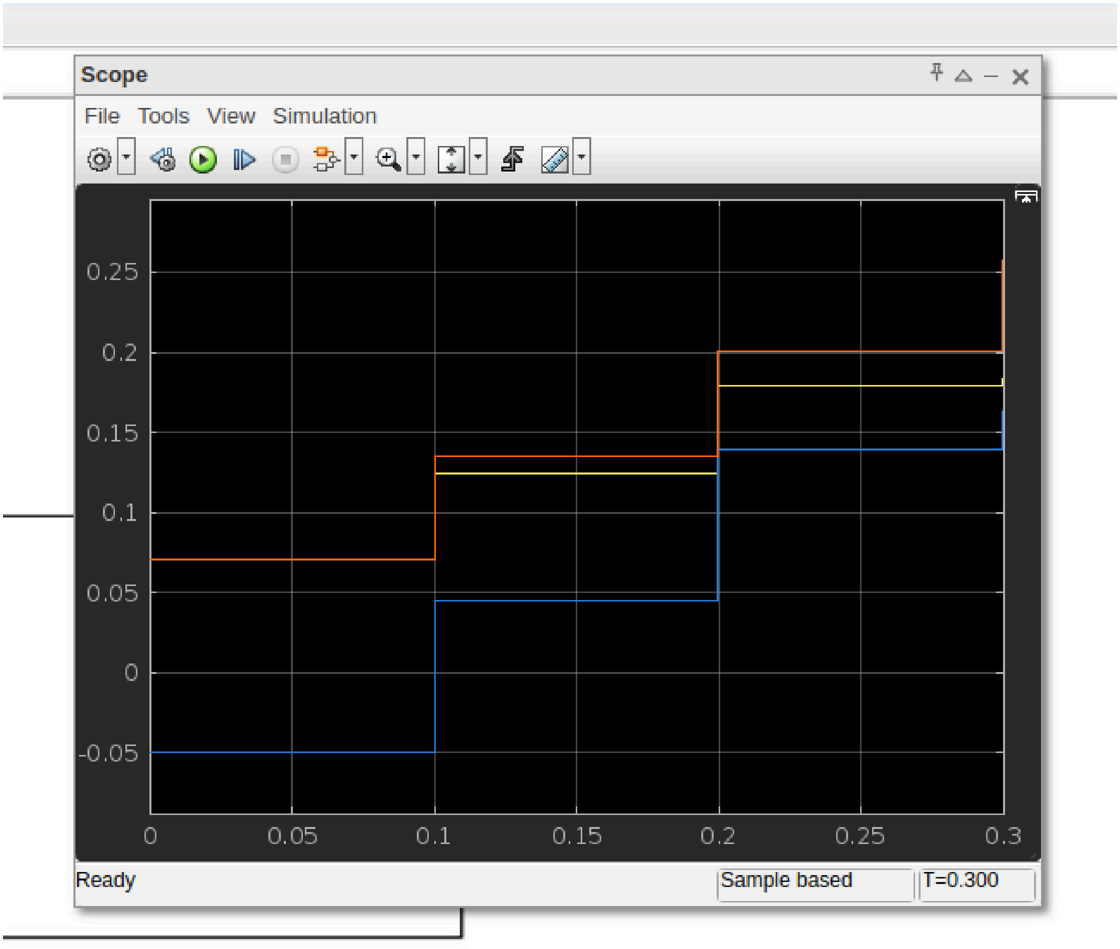


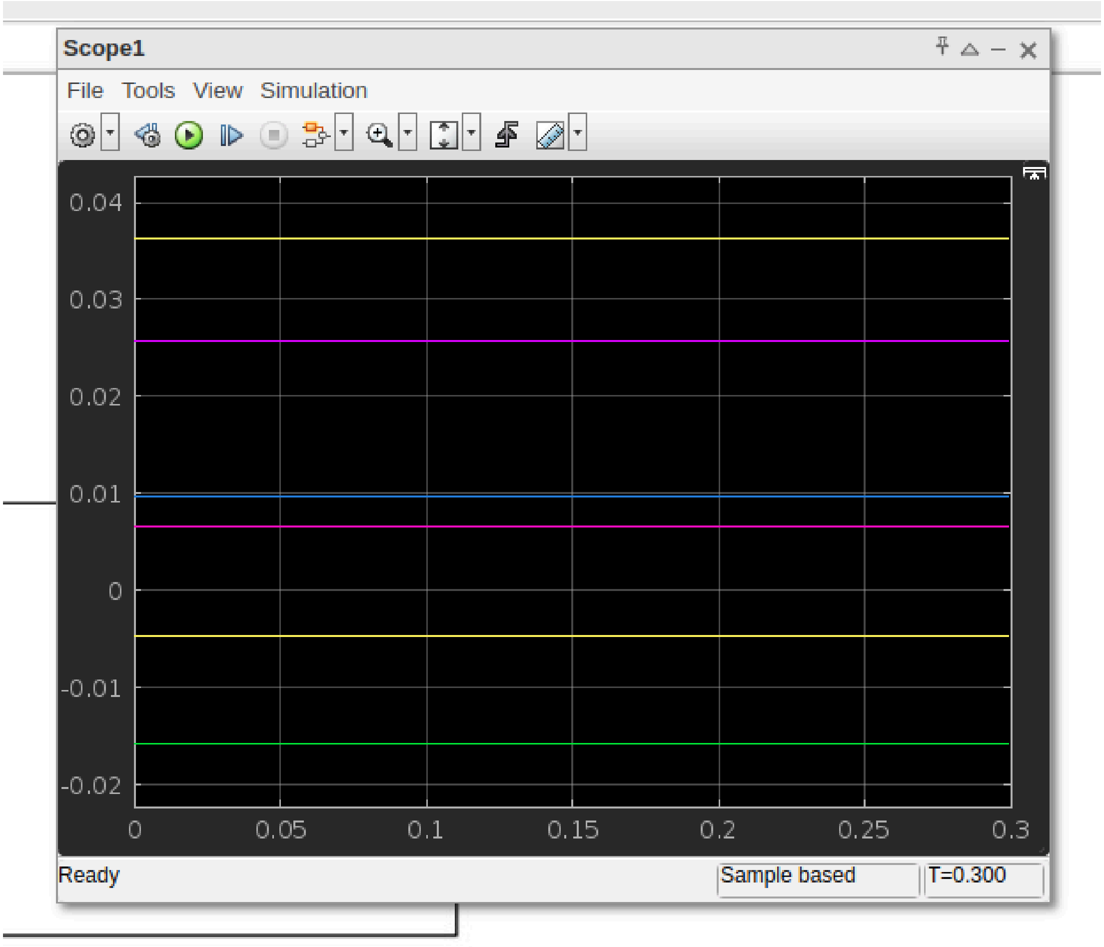


- ➢ Disminución de los Parámetros de Qk y Rk:
  - Menor incertidumbre en el movimiento: Disminuir los valores indica que hay más confianza en el modelo de movimiento del robot. Esto resulta en una menor incertidumbre en las predicciones de los estados.
  - Menor Covarianza en σk: Las varianzas de la matriz de covarianza σk disminuye debido a la menor incertidumbre en el modelo de movimiento.

Disminuyendo los pařametros en las matrices tenemos lo siguiente en mu_k y sigma_k:




Scope
File Tools View Simulation
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Ready
Sample based
T=0.300


Scope1
File Tools View Simulation
0.04
0.03
0.02
0.01
0
-0.01
-0.02
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Ready
Sample based
T=0.300