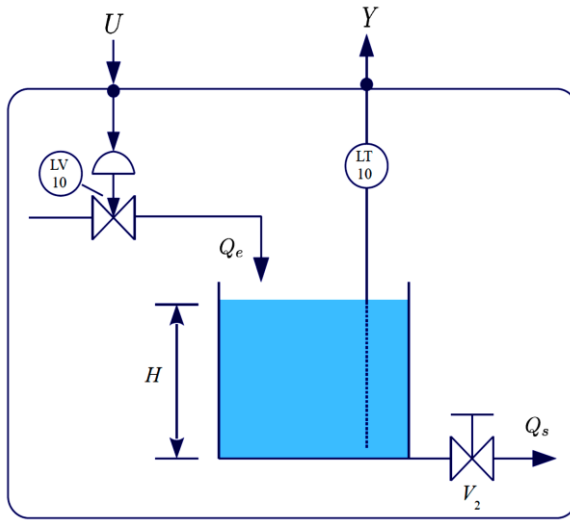
	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p>IE0431: Sistemas de Control I-2021</p>		

TAREA 1

- (50 puntos) En la Figura 1 se muestra un proceso hidráulico para producción de alcohol en gel, donde se tiene un tanque cilíndrico vertical abierto en su parte superior a la atmósfera, del cual se desea controlar el nivel del tanque manipulando el caudal de entrada Q_e ante posibles perturbaciones en el caudal de salida:



$$A \frac{dH(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t) = Q_e(t) - X_{vs}(t) K_{vs} \sqrt{\rho g H(t)}$$

La característica estática es:

$$H = f(Q_e, X_{vs}) = \frac{1}{\rho g} \left(\frac{Q_e}{X_{vs} K_{vs}} \right)^2$$

El modelo linealizado es:

$$h(s) = \frac{K_1}{T_s + 1} q_e(s) + \frac{K_2}{T_s + 1} x_{vs}(s)$$

$$K_1 = \frac{2}{X_{vso} K_{vs}} \sqrt{\frac{H_o}{\rho g}}, \quad K_2 = -\frac{2H_o}{X_{vso}}, \quad T = \frac{2A}{X_{vso} K_{vs}} \sqrt{\frac{H_o}{\rho g}}$$


El modelo dinámico del proceso es:

Figura 1: Proceso Control de Nivel

En donde:

Variable Parámetro	o	Descripción	Valor nominal
A		área transversal del tanque	$X^1 \text{ m}^2$
g		aceleración de la gravedad	$9,81 \text{ m/s}^2$
H		nivel del líquido en el tanque	$[2,25 \text{ } \mathbf{2,5} \text{ } 2,75] \text{ m}$
Q_e		caudal de líquido de entrada	-
Q_s		caudal de líquido de salida	-
K_{vs}		constante de la válvula de salida del tanque	0,001
X_{vs}		apertura de la válvula de salida del tanque	$\{0,4 \text{ } \mathbf{0,5} \text{ } 0,6\}$
ρ		densidad del líquido (<i>cloroformo</i>)	789 kg/m^3

¹ El área del tanque debe ser igual al último dígito de su carné. En caso que el dígito sea cero debe usar 9.

	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p align="center">IEo431: Sistemas de Control I-2021</p>		

T	Tiempo	-
-----	--------	---

Para este sistema:

- (5 puntos) Considerando que la altura máxima del tanque es 3,6 m y que se desea un ámbito de medición de 0 a 3,3 m, obtenga la ganancia del transmisor de nivel **LT** requerido en este caso, de forma que la señal realimentada esté normalizada de 0 a 100%. Indique su solución muy brevemente.
- (5 puntos) Obtenga la constante de la válvula de control **LV**, considerando que ésta debe poder actuar para el caso más extremo del punto de operación y de forma que la acción de control esté normalizada de 0 a 100%. Indique su solución muy brevemente.
- (5 puntos) Implemente el sistema real en Simulink utilizando la ecuación del modelo dinámico del proceso tal como se observa en la Figura 2. Presente una figura del diagrama de bloques de Simulink en su solución y adjunte el archivo .slx.
- (10 puntos) Obtenga utilizando Matlab (o similar)² en una misma figura la curva estática del proceso para los tres posibles valores de la apertura de la válvula de salida. Muestra la relación entre $m(t)$ y $c(t)$. Utilice la ecuación de la característica estática. Indique en la figura el punto de operación más probable del sistema. Presente la gráfica en su solución.
- (10 puntos) Implemente el diagrama de bloques en Simulink de:
 - El sistema de control realimentado con el proceso completo tal como se observa en la Figura 3, e indique el valor de las ganancias K_I , K_2 , T , K_{vc} y K_t .
 - El diagrama simplificado del sistema de control realimentado (caso donde sólo se tiene una FT para el conjunto actuador planta sensor) e indique el valor de K y K_d . Presente en su solución las figuras de los diagramas de Simulink, e indique las constantes y ganancias.
- (10 puntos) Obtenga la respuesta del sistema real (obtenida en el punto c) y compárela con la del sistema linealizado (obtenida en el punto e) en una misma figura utilizando Simulink/Matlab, cuando ambos se encuentran en el punto de operación más probable y se producen los siguientes cambios:
 - Un cambio escalón en la señal de control de $\Delta U = -2\%$, seguido de un cambio escalón en la perturbación de $\Delta D = -0.02$. Considere que el sistema debe estabilizarse antes de aplicar el segundo cambio escalón.

² En Medición virtual en Material complementario se encuentra el tutorial para Simulación de sistemas de control en Matlab® y Scilab.



IEo431: Sistemas de Control
I-2021

ii. Un cambio escalón en la señal de control de $\Delta U = -10\%$, seguido de un cambio escalón en la perturbación de $\Delta D = -0.1$. Considere que el sistema debe estabilizarse antes de aplicar el segundo cambio escalón. Indique las gráficas en su solución y adjunte el archivo .slx.

g) (5 puntos) A partir de los resultados del punto d) y f), comente sobre la validez del modelo lineal cuando se producen cambios en el punto de operación del sistema.

Todas las figuras anteriores deben incluir las entradas y presentarse con una descripción de los ejes y una leyenda. Se calificará la calidad de las figuras elaboradas.

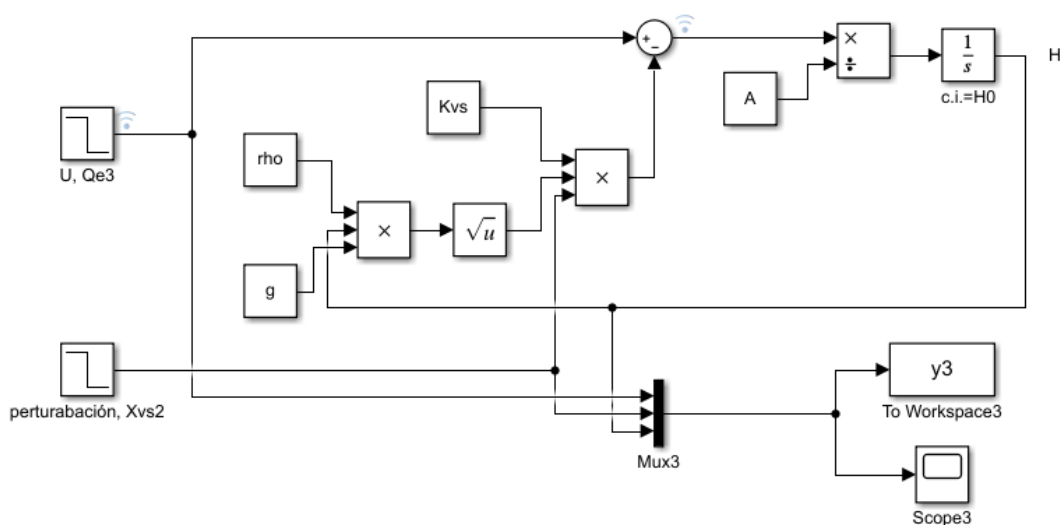


Figura 2: Diagrama de bloques del sistema real

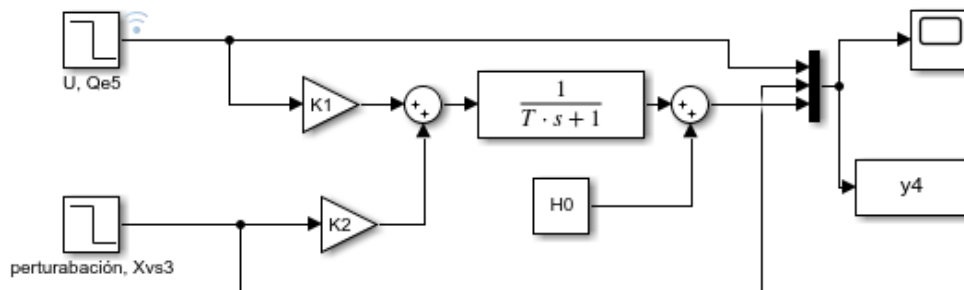



Figura 3: Diagrama de bloques del sistema de control

Sugerencias:

	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p align="center">IE0431: Sistemas de Control I-2021</p>		

- 🏠 Para formar el diagrama de bloques en Simulink puede ayudarse con este tutorial: <http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Introduction§ion=SimulinkModeling>
 - 🏠 Recuerde al crear el diagrama de bloques en Simulink para el sistema real, debe indicar la condición inicial en los parámetros del bloque Integrador. También debe agregar el punto de operación en el sistema linealizado.
 - 🏠 Recuerde hacer el ajuste del solver (fixed step, step size 1e-3 o 1e-4).
2. (50 puntos) Para el sistema de control que se muestra en la Figura 4, considere que la planta tiene un modelo integrante de segundo orden, con ganancia unitaria y constante de tiempo unitaria $P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$. Para el controlador suponga una ganancia K_p igual al último dígito de su carné. En caso que el dígito sea cero debe usar 9. Con base en esto obtenga en Matlab dos gráficas separadas para:
1. (10 puntos) La salida del sistema $y(s)$, en función de las dos entradas.
 2. (10 puntos) La señal de control $u(s)$, en función de las dos entradas.
 3. (30 puntos) Para el caso en que el sistema opera como servomecanismo mida en la gráfica los siguientes índices de desempeño (5 puntos c/u):
 - Tiempo de levantamiento, tiempo de asentamiento al 2%, sobrepaso máximo (Mp), el índice de error integral IAE, el valor máximo de la señal de control (Umax) y el error permanente.
 - En su respuesta debe mostrar imágenes donde se marquen los puntos de interés (en los casos en que sea necesario). Para marcar dichos puntos y validar sus respuestas puede usar los *datatips* de Matlab por ejemplo. Recuerde indicarle los valores de los índices de desempeño obtenidos.

Indique las gráficas en su solución, **el código comentado (ver plantilla) y/o la figura del diagrama de bloques usado**. También adjunte el archivo de Matlab. Todas las figuras anteriores deben incluir las entradas y presentarse con una descripción de los ejes y una leyenda. Se calificará la calidad de las figuras elaboradas.

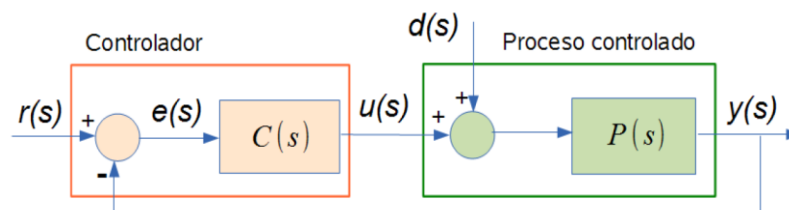



Figura 4: Sistema de control realimentado simple.

	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p>IE0431: Sistemas de Control I-2021</p>		

Indicaciones finales:

- Debe subir a Mediación Virtual un archivo con la solución en un archivo pdf y los archivos de Matlab. Cada archivo debe indicar su carné. Es obligatorio subir los archivos separados, no se aceptan archivos comprimidos.
- Fecha límite de entrega: miércoles 5 de mayo de 2021 a las 6 p.m. **No se aceptan tareas tarde.**
- Debe indicar en la portada del pdf: Nombre, Carné y Grupo Matriculado.
- La tarea es estrictamente individual. Tome en cuenta que Mediación genera un reporte de originalidad con la herramienta Turnitin para cada entrega.
- La tarea debe resolverse usando Matlab® o Scilab.