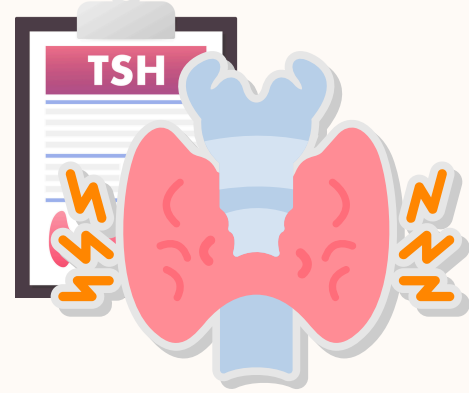


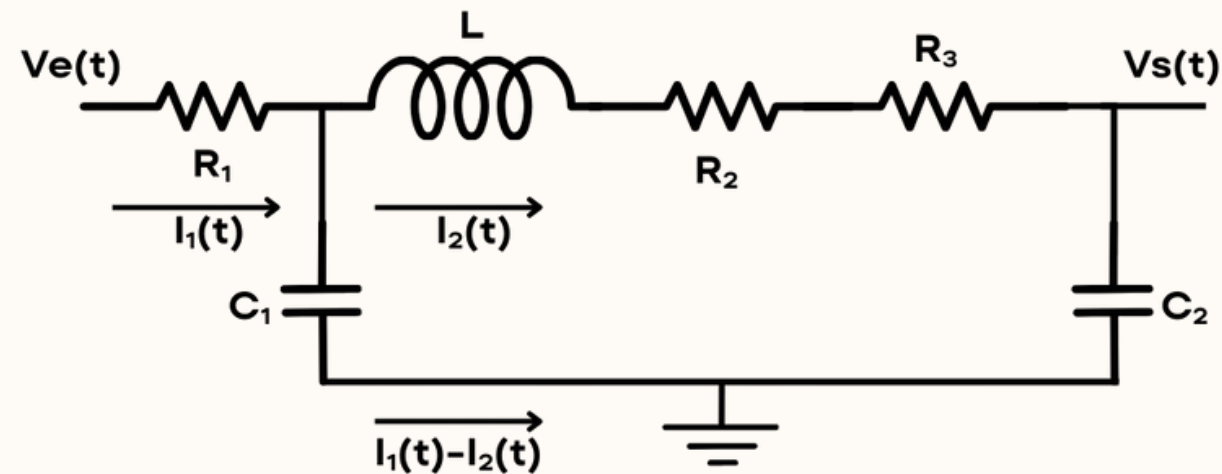
# SISTEMA ENDOCRINO: HIPOTIROIDISMO



## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El eje hipotálamo-hipófisis-tiroides puede representarse como un sistema dinámico usando elementos eléctricos análogos. El hipotálamo inicia el proceso liberando TRH, cuya resistencia y almacenamiento se modelan con una resistencia y una capacitancia. La hipófisis responde con TSH, representada por una inductancia que simula la inercia en su liberación. Esta hormona viaja a la tiroides, y su trayecto incluye resistencias que reflejan pérdidas y retardos. Finalmente, la tiroides produce T3 y T4, modelada con una capacitancia que representa la lentitud y acumulación hormonal. En condiciones alteradas como el hipotiroidismo, se simula una respuesta más lenta y prolongada.

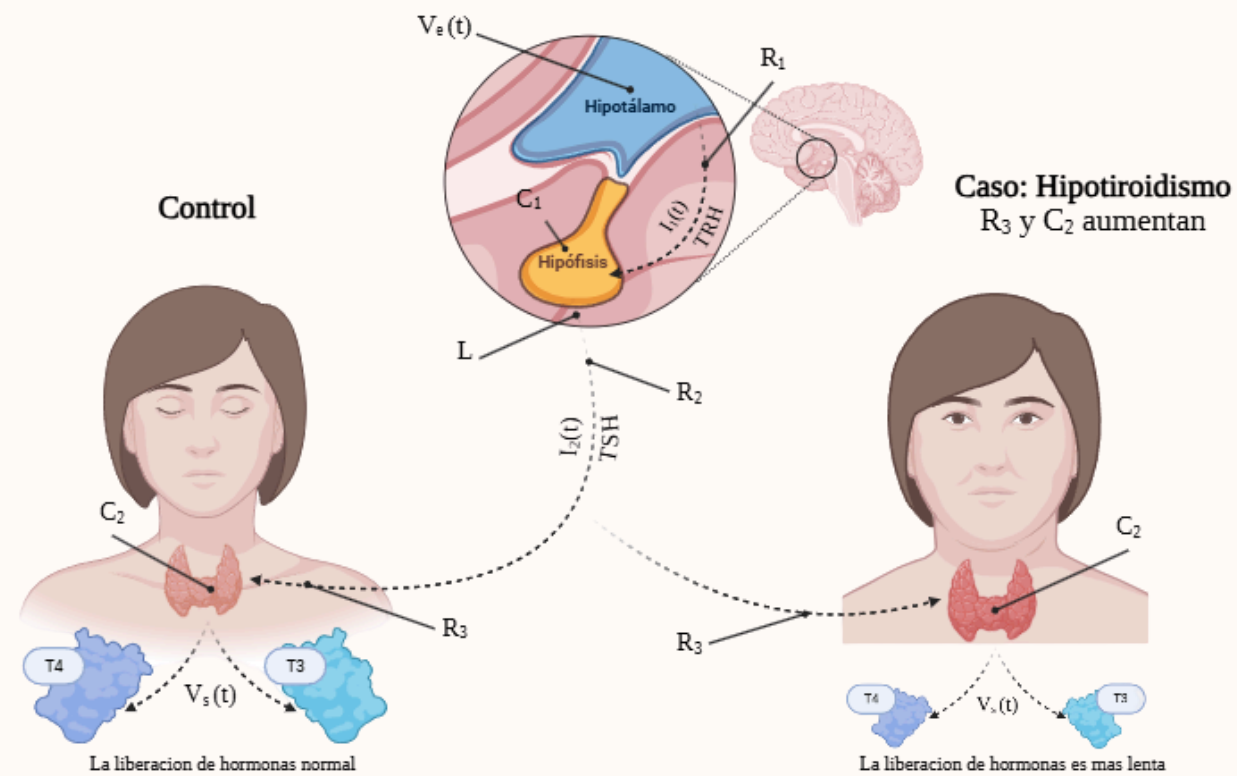
## CIRCUITO



Componente	Control	Caso: Hipotiroidismo
$R_1$ - $R_2$	33K $\Omega$	33K $\Omega$
$R_3$	10K $\Omega$	33K $\Omega$
L	10mH	10mH
$C_1$	10 $\mu$ F	10 $\mu$ F
$C_2$	1 $\mu$ F	10 $\mu$ F

Los valores de  $R_3$  y  $C_2$  aumentan en el caso de hipotiroidismo subclínico para simular una tiroides menos sensible al estímulo hormonal y con una respuesta más lenta, lo que refleja la necesidad de un estímulo prolongado para liberar las hormonas tiroideas.

## DIAGRAMA FISIOLÓGICO



## ECUACIONES INTEGRO-DIFERENCIALES

$$V_s = \frac{1}{C_2} \int [i_2(t)] dt$$
$$i_1(t) = \frac{V_e(t) - \frac{1}{C_1} \int [i_1(t) - i_2(t)] dt}{R_1}$$
$$i_2(s) = \frac{\frac{1}{C_1} \int [i_1(t) - i_2(t)] dt - L_1 \frac{di_2(t)}{dt} - \frac{1}{C_2} \int [i_2(t)] dt}{(R_2 + R_3)}$$

### Función de transfencia

$$\frac{V_s(t)}{V_e(t)} = \frac{1}{S^3(C_1 C_2 L R_1) + S^2(C_1 C_2 R_1 R_3 + C_2 R_1 R_2 + C_2 L R_1) + S(C_1 R_1 + C_2 R_2 + C_2 R_1 + C_2 R_3) + 1}$$

### Error en estado estacionario

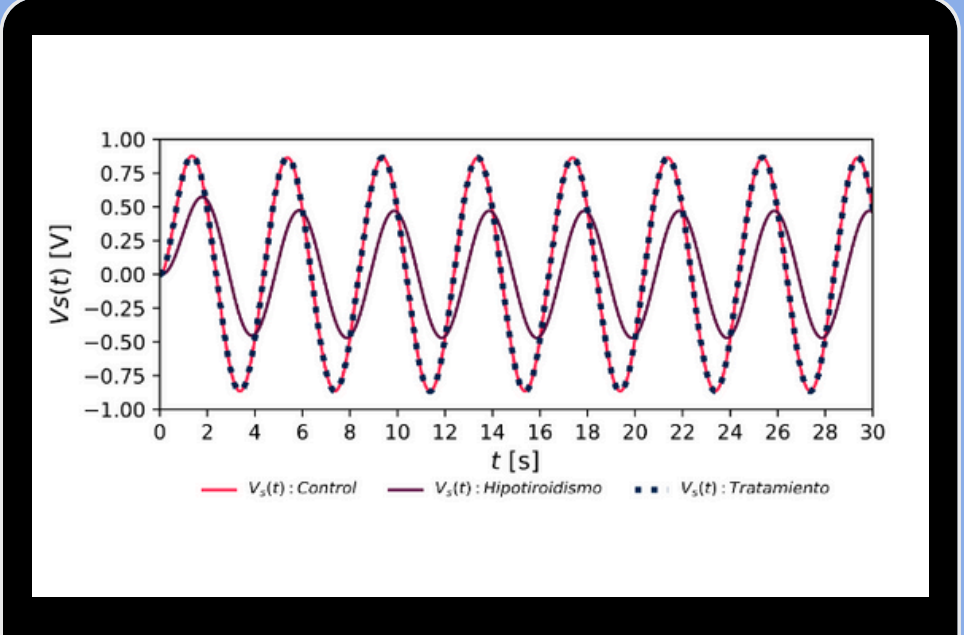
$$\lim_{s \rightarrow 0} \left[ 1 - \frac{V_s(t)}{V_e(t)} \right] = [1 - 1] = 0V$$

## ESTABILIDAD DEL SISTEMA EN LAZO ABIERTO

<b>Control</b>	$\lambda_1 = -2.7199$	<b>Caso</b>	$\lambda_1 = -0.887$
	$\lambda_2 = -26.8842$		$\lambda_2 = -5.173$
	$\lambda_3 = -76269.89$		$\lambda_3 = -1.178 \times 10^5$

El sistema es estable con una respuesta **Sobreamortiguada**

## SIMULACIÓN: CASO, CONTROL Y TRATAMIENTO



kP	913.4762
kI	3145.0167
kD	40.9623
Cr	1 $\mu$ F

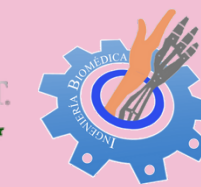
## CONTROLADOR PID GANACIAS

## CONCLUSIONES

El modelado del eje hipotálamo-hipófisis-tiroides mediante un circuito eléctrico análogo permite representar adecuadamente su dinámica hormonal. En el caso del hipotiroidismo subclínico, se simula una respuesta más lenta de la tiroides mediante el aumento del resistor y capacitor que representan la glándula tiroidea. Para contrarrestar esta alteración y simular un posible enfoque de tratamiento, se incorporó un controlador PID, el cual mejora la respuesta del sistema y permite alcanzar niveles hormonales adecuados, reproduciendo un control más eficiente de la función tiroidea.

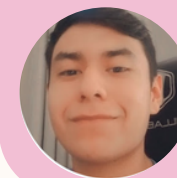


TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA



INGENIERÍA  
BIOMÉDICA

Dr. Paul Antonio Valle Trujillo  
Ingeniería Biomédica  
Modelado de Sistemas Fisiológicos



Ramírez Díaz Cesar  
Andres  
21212173



Damian Arroyo Perla  
Guadalupe  
21212150