



Sistema Respiratorio: caso de bronquitis

Modelado de Sistemas Fisiológicos

Dr. Valle Trujillo Paul Antonio

¿Qué es la bronquitis?

La bronquitis es la inflamación de los bronquios, los tubos que transportan el aire a los pulmones. Esta inflamación puede dificultar la respiración y suele causar tos con mucosidad, dolor de pecho, cansancio y, a veces, fiebre baja.

Modelo eléctrico

Se diseñó el modelo con los siguientes componentes: resistencia de las vías aéreas (R), capacidad de expansión de los pulmones (C) e inercia asociada al movimiento del aire (L).

La entrada $V_e(t)$ corresponde a una señal tipo impulso, empleada para simular un esfuerzo inspiratorio breve generado por el diafragma.

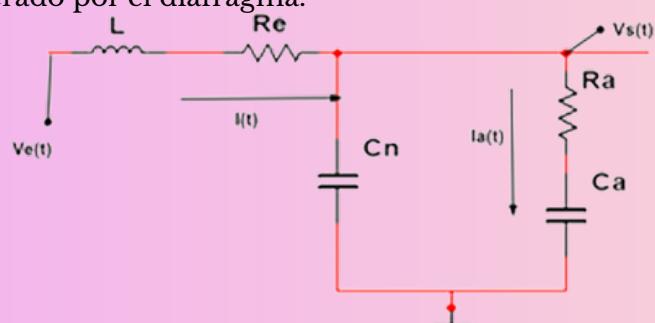


Figura 1. Diagrama eléctrico.



Parametros

Elemento	Control (Sano)	Caso (Bronquitis)	Unidades
Re	2Ω	2Ω	$\text{cmH}_2\text{O}\cdot\text{s}/\text{L}$
Ra	1Ω	20Ω	$\text{cmH}_2\text{O}\cdot\text{s}/\text{L}$
L	0.04 H	0.04 H	$\text{cmH}_2\text{O}\cdot\text{s}^2/\text{L}$
Ca	0.20 F	0.07 F	$\text{L}/\text{cmH}_2\text{O}$
Cn	0.20 F	0.20 F	$\text{L}/\text{cmH}_2\text{O}$

Tabla 1. Parámetros para los componentes.

Análisis matemático

Modelo de ecuaciones integro diferenciales:

$$R_a \frac{dI_a(t)}{dt} + \left(\frac{1}{C_a} + \frac{1}{C_n} \right) I_a(t) = \frac{1}{C_n} I(t)$$

$$V_e(t) = L \frac{dI(t)}{dt} + R_e I(t) + R_a I_a(t) + \frac{1}{C_a} \int I_a(t) dt$$

Función de transferencia:

$$\frac{V_s(s)}{V_e(s)} = \frac{1 + R_a C_a s}{(L R_a C_a C_n) s^3 + (L(C_a + C_n) + R_e R_a C_a C_n) s^2 + (R_e(C_a + C_n) + R_a C_a) s + 1}$$

Error en estado estacionario:

$$\lim_{s \rightarrow 0} \left[1 - \frac{1}{1 + LC_n} \right] = 0.50 \text{ V}$$

Diagrama fisiológico

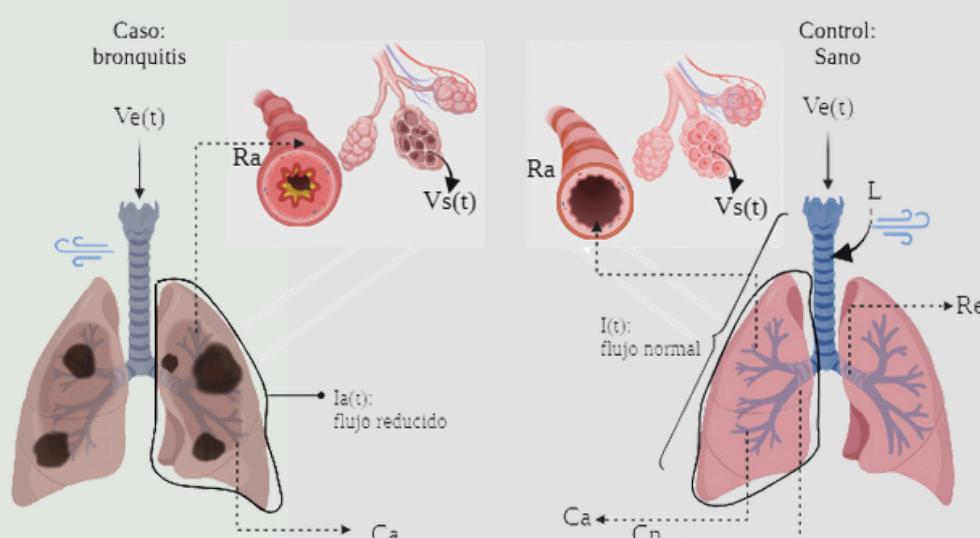


Figura 2. Diagrama fisiológico del sistema respiratorio: caso de bronquitis.

El sistema respiratorio se modela mediante un circuito equivalente formado por resistencias, inductores y capacitores, donde la entrada $V_e(t)$ es una señal tipo impulso que representa un esfuerzo inspiratorio breve. Esta señal atraviesa el inductor L , que modela la inercia del aire en las vías respiratorias centrales, y luego la resistencia Re , asociada a la oposición del flujo en tráquea y bronquios principales. Posteriormente, los elementos Ra , Ca y Cn representan la resistencia de los bronquios pequeños, la capacidad de expansión alveolar y la capacidad del tejido periférico para almacenar volumen. La salida $V_s(t)$ corresponde a la presión alveolar resultante. En el modelo sano, resistencias bajas y capacitores con mayor capacidad permiten una ventilación eficiente, mientras que en bronquitis el incremento de Ra y la reducción de Ca generan una respuesta más lenta y de menor amplitud, reflejando la obstrucción característica de la enfermedad.

Experimentación in silicio

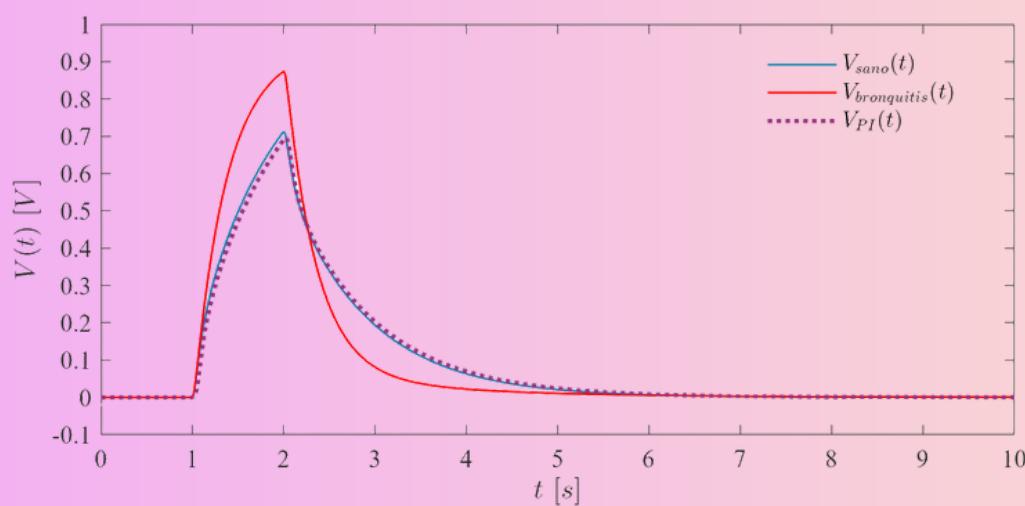


Figura 3. Gráfica de resultados experimentales.

Conclusión

La modelación del sistema respiratorio permite visualizar de forma clara cómo la bronquitis altera la mecánica pulmonar. El aumento de la resistencia en las vías aéreas y la disminución de la capacidad de expansión alveolar generan una ventilación menos eficiente, evidenciada por respuestas más lentas y de menor amplitud ante un esfuerzo inspiratorio. Estos resultados muestran que el modelo reproduce adecuadamente la obstrucción característica de la bronquitis y destaca la utilidad del análisis in silicio para comprender la dinámica fisiológica ante patologías respiratorias.

Referencias

[1] National Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI), "Bronquitis," NHLBI, 12-ene-2023. [En línea]. Disponible: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/btronquitis>. [Accedido: 25-nov-2025].

Alumnas



Castro Castro
Claudia Ximena



Castillo Gonzalez
Daniela



Lugo Valenzuela
Liliana Fernanda



Navarrete Avalos
Jocelyn Yuliana