



# 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.



## Parametros

Elemento	Control (Sano)	Caso (Bronquitis)	Unidades
Re	2 Ω	2 Ω	cmH <sub>2</sub> O·s/L
Ra	1 Ω	20 Ω	cmH <sub>2</sub> O·s/L
L	0.04 H	0.04 H	cmH <sub>2</sub> O·s <sup>2</sup> /L
Ca	0.20 F	0.07 F	L/cmH <sub>2</sub> O
Cn	0.20 F	0.20 F	L/cmH <sub>2</sub> O

Tabla 1. Parámetros para los componentes.

## 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.

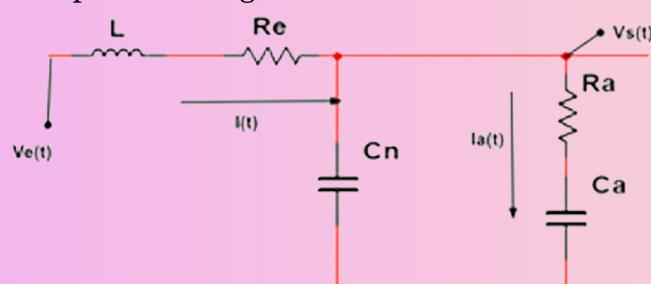


Figura 1. Diagrama eléctrico.

## 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:

$$\lim_{s \rightarrow 0} \left[ 1 - \frac{1}{1 + LC_n} \right] = 0.01 V$$

## Diagrama fisiológico

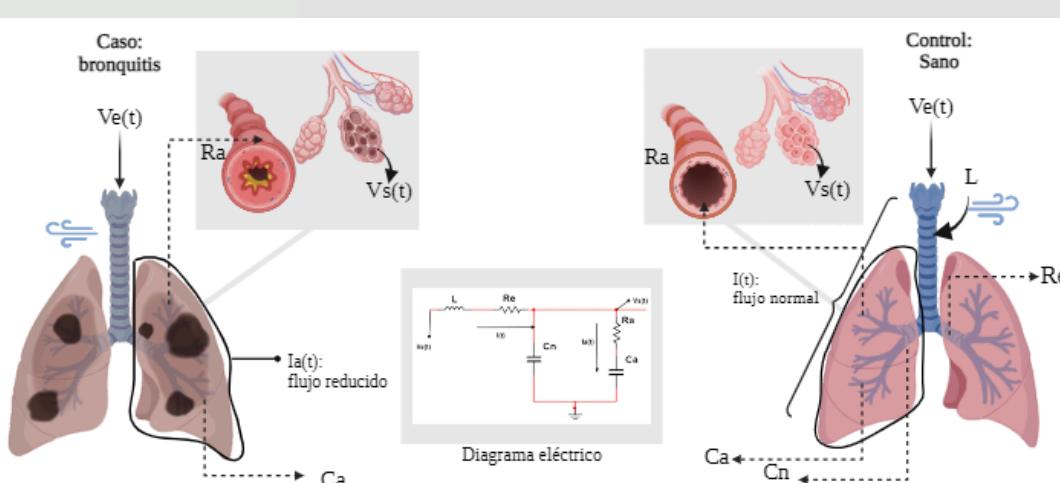


Figura 2. Diagrama fisiológico del sistema respiratorio: caso de bronquitis.

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

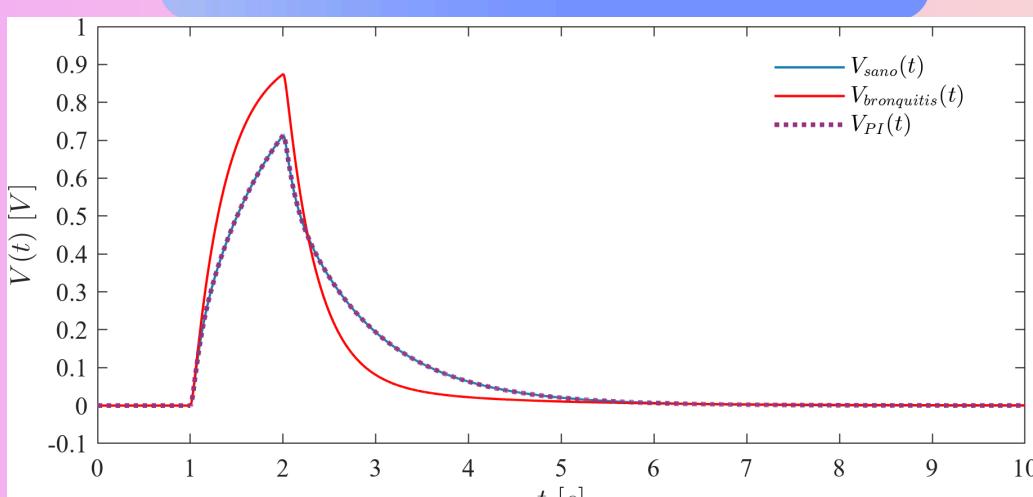


Figura 3. Gráfica de resultados experimentales.

## 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.

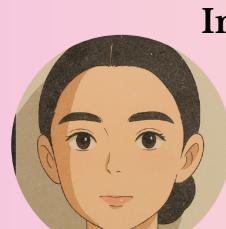
## Referencias

- [1] National Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI), “Bronquitis,” NHLBI, 12-ene-2023. [En línea]. Disponible: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/bronquitis>. [Accedido: 25-nov-2025].
- [2] P. A. Valle, Syllabus para Modelado de Sistemas Fisiológicos, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tijuana, Tijuana, B.C., México, 2025. Permalink: <https://biomath.xyz/course/>

## Integrantes:



Castro Castro  
Claudia Ximena



Castillo Gonzalez  
Daniela



Lugo Valenzuela  
Liliana Fernanda



Navarrete Avalos  
Jocelyn Yuliana