

Módulo 2

Respiración

Práctico - Fisiología Cuantitativa
2026

Contenido

01

Sistema respiratorio

02

Modelo de ventilación

03

**Simulación de patologías
respiratorias**



01

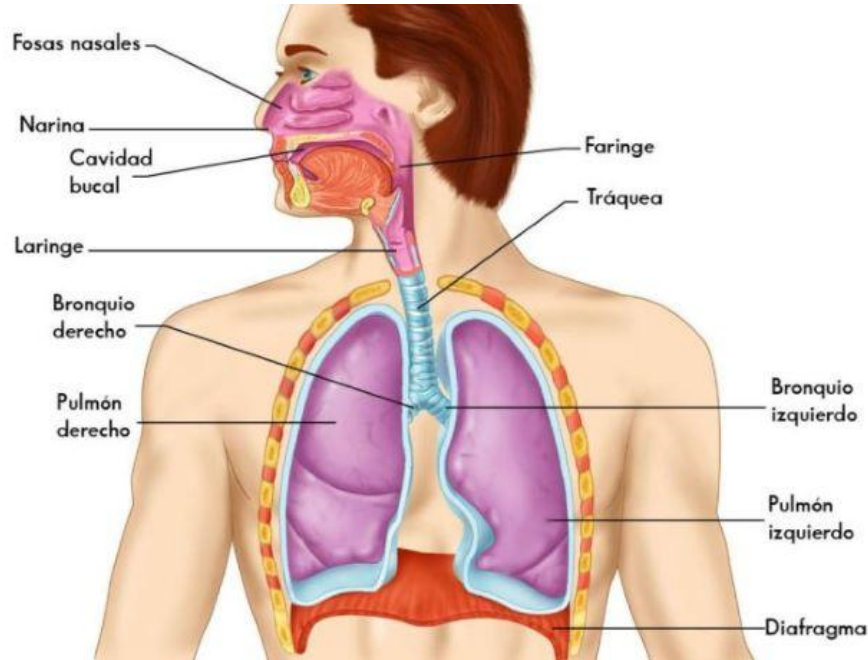
Sistema respiratorio

Introducción

Respiración

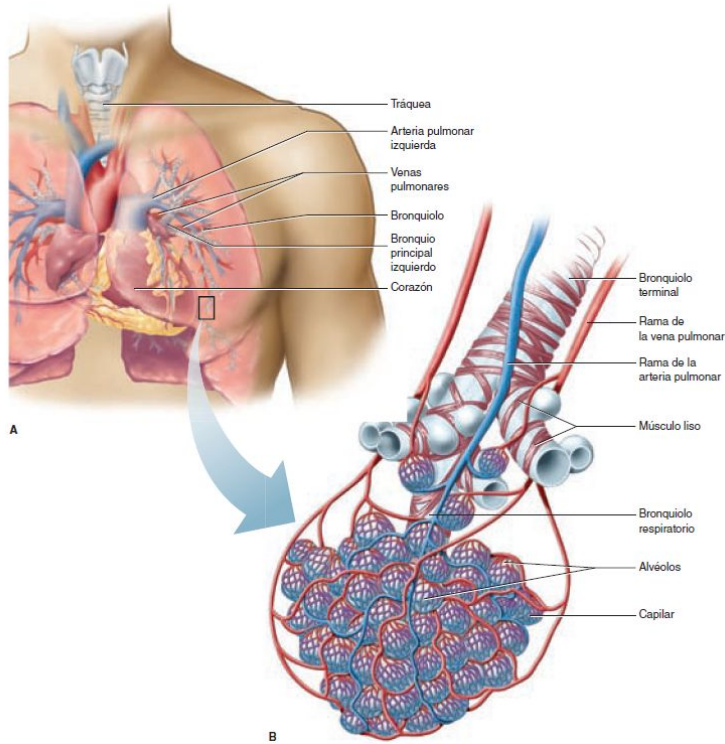
- Secuencia de eventos que permiten el transporte de O_2 desde la atmósfera hasta las células, y el movimiento de CO_2 en sentido opuesto.
- Toda célula necesita del continuo aporte de O_2 y remoción de CO_2 para cumplir su función específica.
- Procesos:
 - VENTILACIÓN PULMONAR
 - DIFUSIÓN ALVÉOLO-CAPILAR
 - TRANSPORTE DE O_2 y CO_2
 - REGULACIÓN

Introducción



El sistema respiratorio está compuesto por vías respiratorias superiores e inferiores.

Introducción

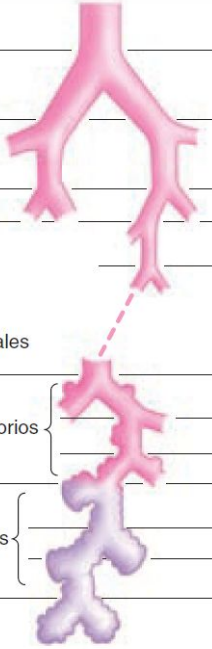


El sistema respiratorio está compuesto por vías respiratorias superiores e inferiores.

El intercambio de gases con los capilares se da en los alvéolos.

Introducción

	Nombre de las ramas	Número de tubos en la rama
Zona de conducción	Tráquea	1
	Bronquios	2
		4
		8
	Bronquiolos	16
	Bronquiolos terminales	32
Zona respiratoria		6×10^4
	Bronquiolos respiratorios	5×10^5
	Conductos alveolares	
	Sacos alveolares	8×10^6



El sistema respiratorio está compuesto por vías respiratorias superiores e inferiores.

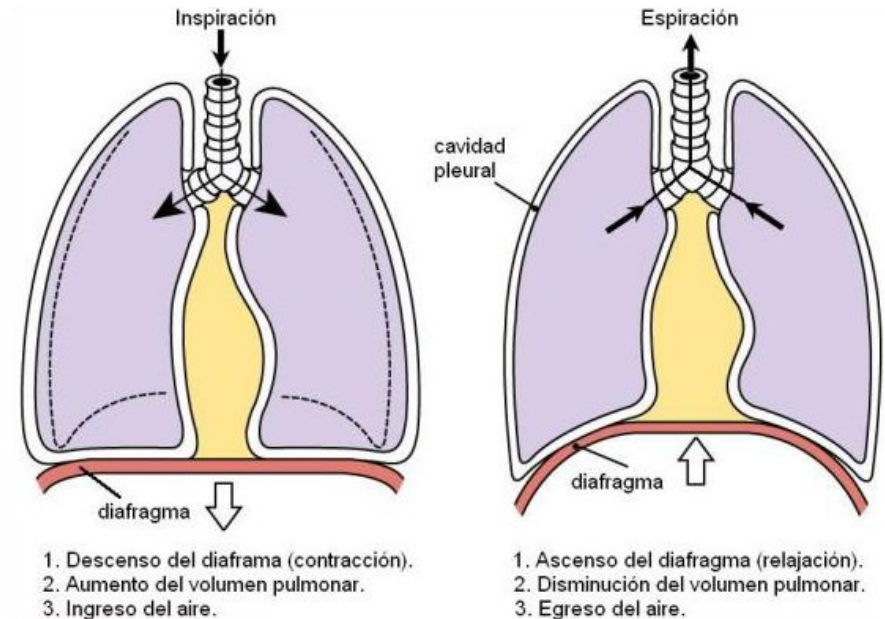
El intercambio de gases con los capilares se da en los alvéolos.

Los bronquios se subdividen en bronquiolos y bronquios terminales, pasando de la zona de conducción a la zona respiratoria.

Mecánica ventilatoria

La inspiración es un proceso activo y la espiración es un proceso pasivo (siempre que no sea forzada).

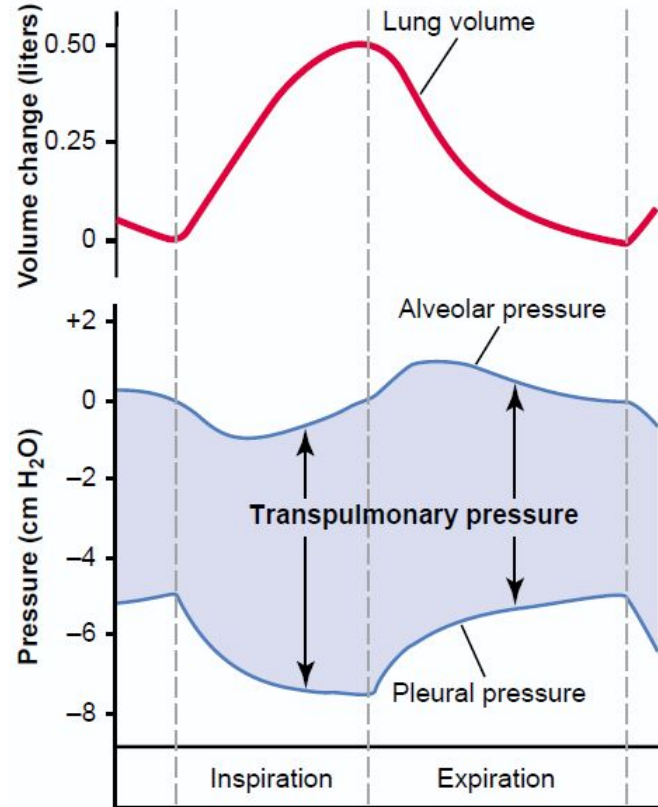
Los músculos actúan para generar diferencias de presiones que permite la entrada y/o salida de aire.



Mecánica ventilatoria

La frecuencia respiratoria es de 12-16 ciclos por minuto. El tiempo no se distribuye equitativamente entre las dos fases, la espiración en un ciclo en reposo dura más que la inspiración.

Para que ocurra la ventilación, deben considerarse factores como propiedades del flujo, fluido, los compartimientos y las vías aéreas (calibre y longitud).





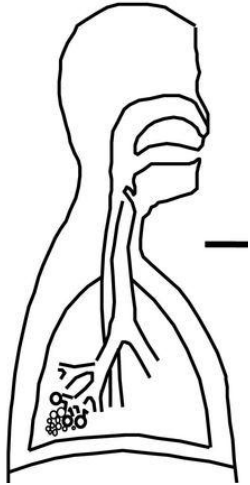
02

Modelo de ventilación

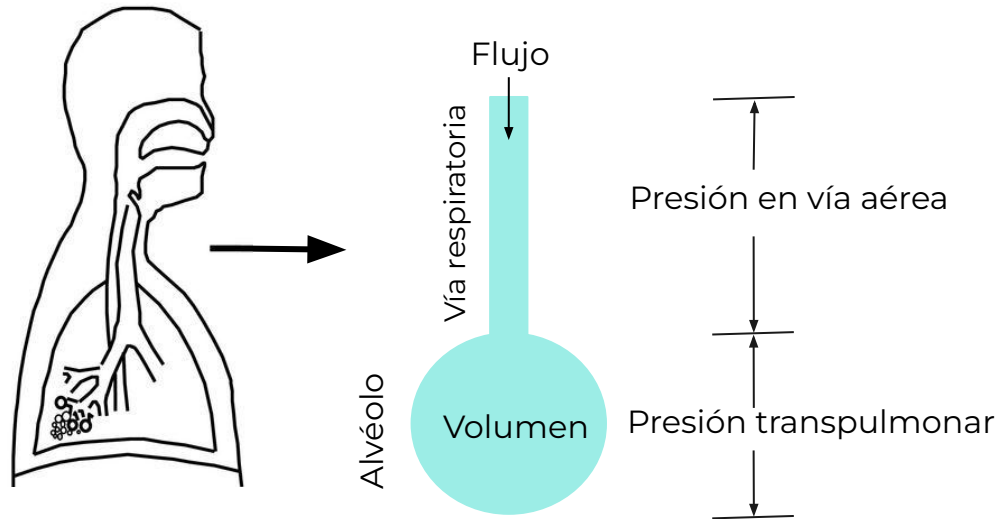
Modelo unicompartmental de mecánica ventilatoria

Equivalente eléctrico de primer orden

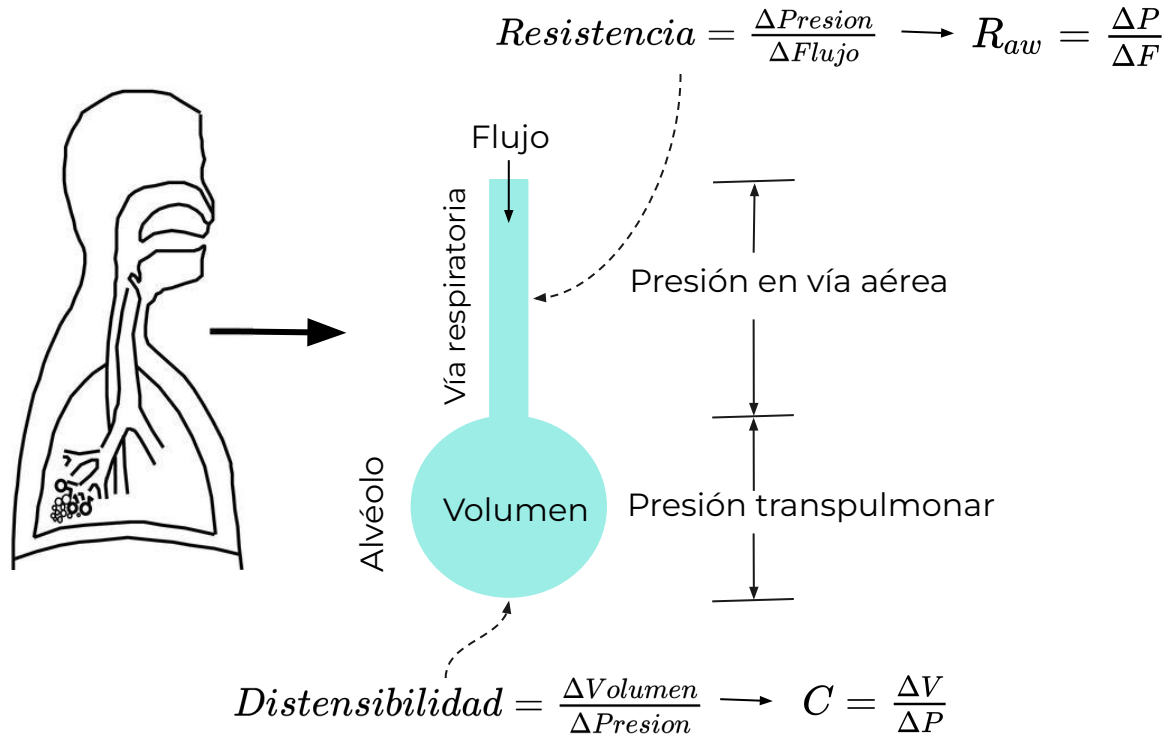
Modelado: circuito eléctrico equivalente



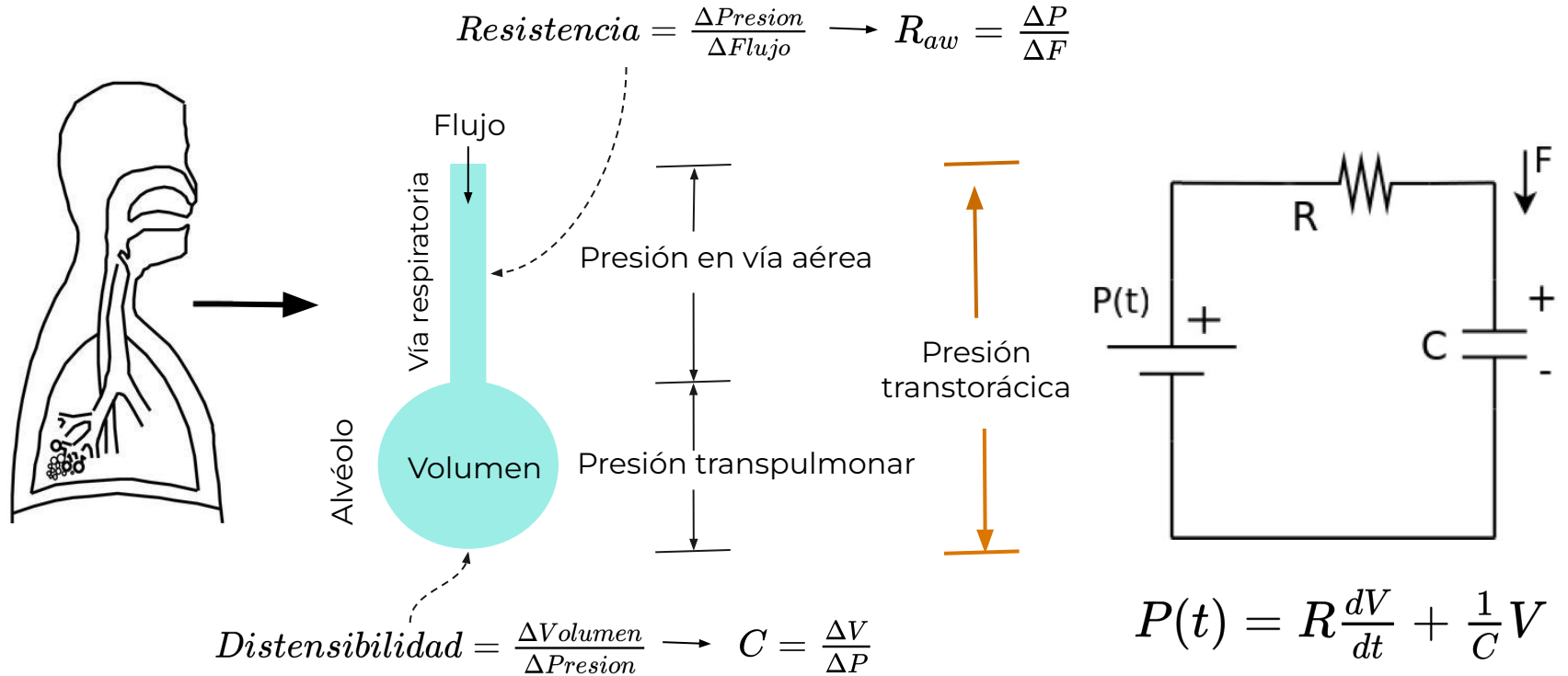
Modelado: circuito eléctrico equivalente



Modelado: circuito eléctrico equivalente



Modelado: circuito eléctrico equivalente

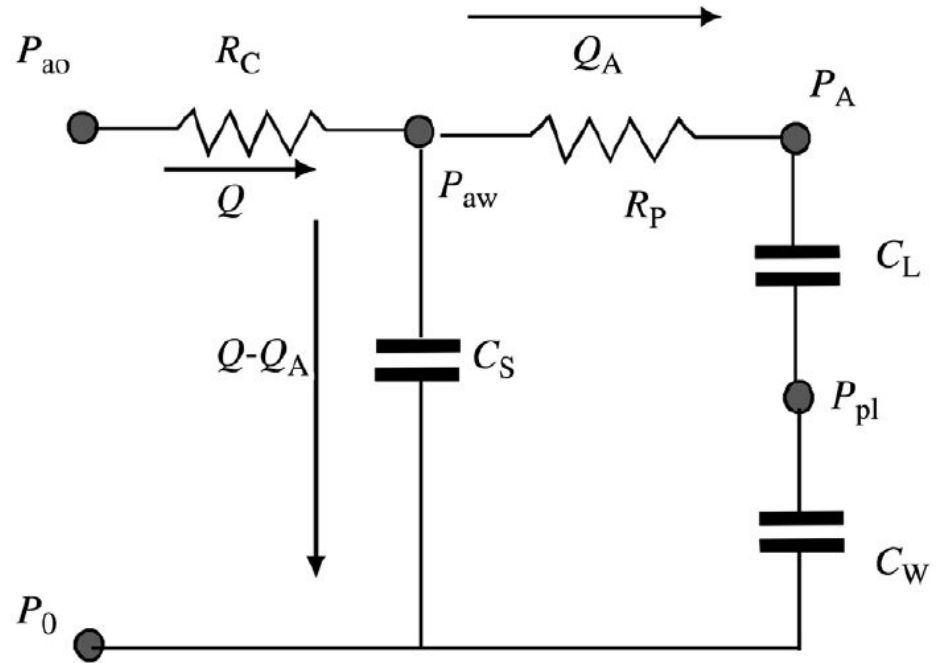


Otros modelos

Modelos compartimentales,
modelos fractales

Equivalente eléctrico de segundo orden

Parameter	Symbol
C_W	chest wall compliance
C_L	lung compliance
C_S	shunt compliance
R_P	peripheral airway resistance
R_C	central airway resistance
P_{ao}	pressure at airway opening
P_{pl}	pressure in pleural space
P_{aw}	pressure in central airway
P_A	pressure in alveoli
P_0	ambient pressure
Q_A	airflow in alveoli
Q	total airflow



Modelado a partir de fractales

La estructura de un pulmón es similar a la de las plantas: una red de tubos que se ramifica.

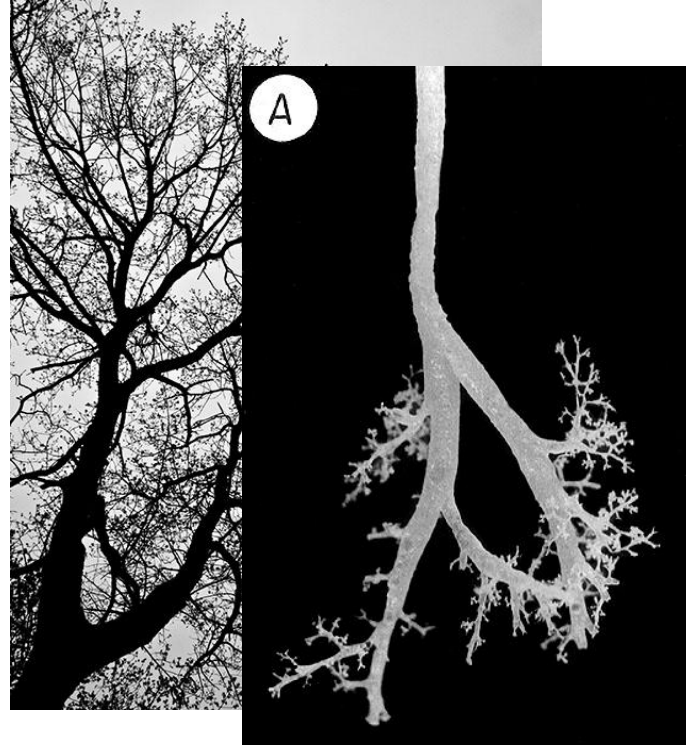
Su parecido con un fractal es lo que les permite maximizar su superficie. La cantidad de gases que consiguen aprovechar es directamente proporcional a su superficie total (que ronda los 140 metros cuadrados).



Modelado a partir de fractales

La estructura de un pulmón es similar a la de las plantas: una red de tubos que se ramifica.

Su parecido con un fractal es lo que les permite maximizar su superficie. La cantidad de gases que consiguen aprovechar es directamente proporcional a su superficie total (que ronda los 140 metros cuadrados).

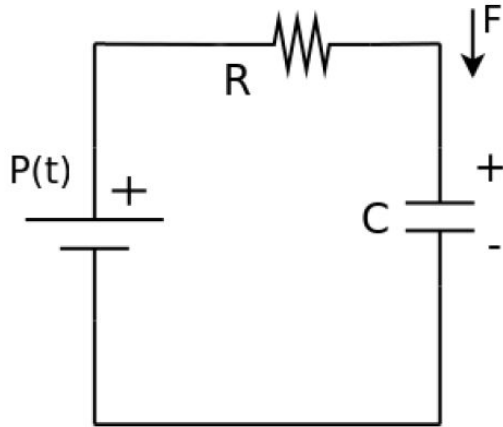




03

Simulación

Modelado: circuito eléctrico equivalente



Valores para un adulto normal:

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

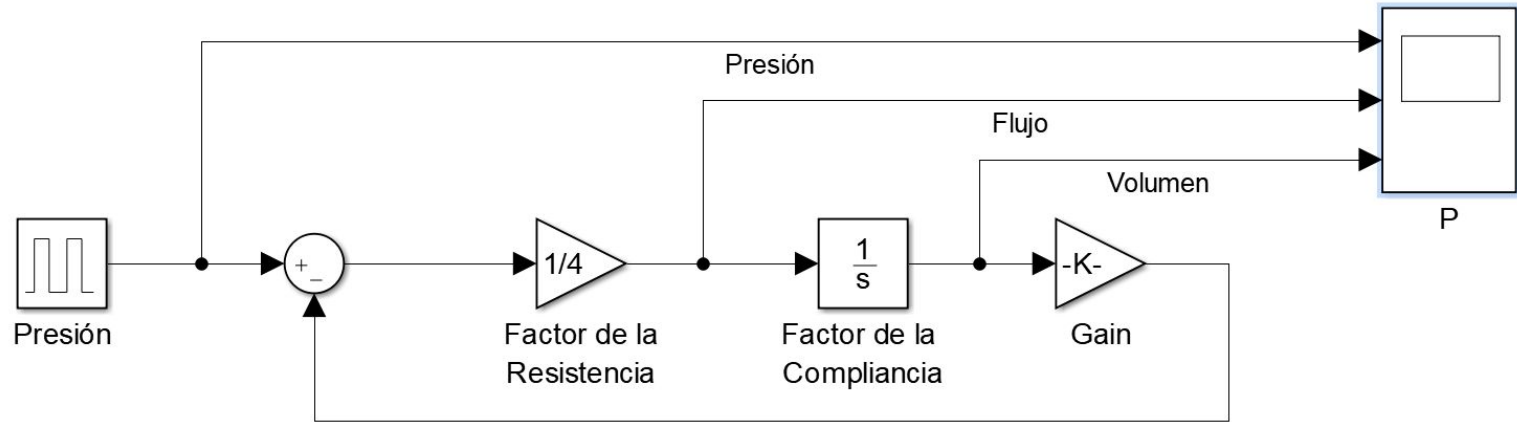
$$C = 0.02 - 0,028 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 1 - 3 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$

$$V_0 = 0$$

$$P(t) = R \frac{dV}{dt} + \frac{1}{C} V \Rightarrow \frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

Simulación para pulmones no patológicos



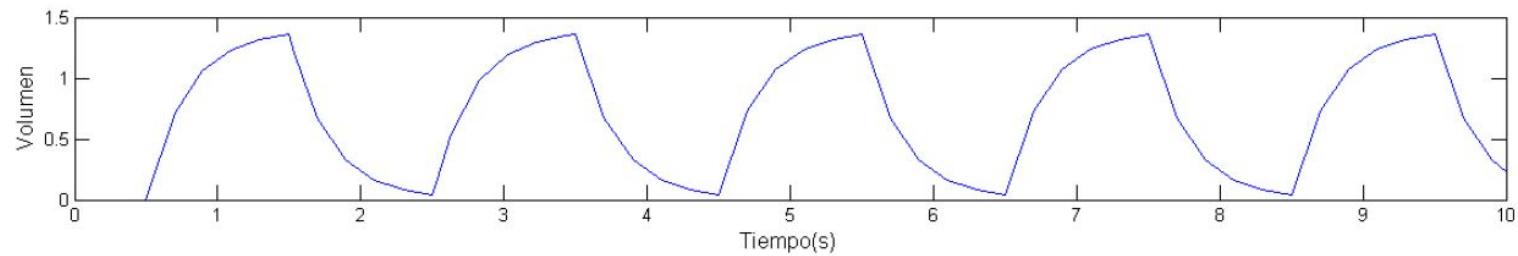
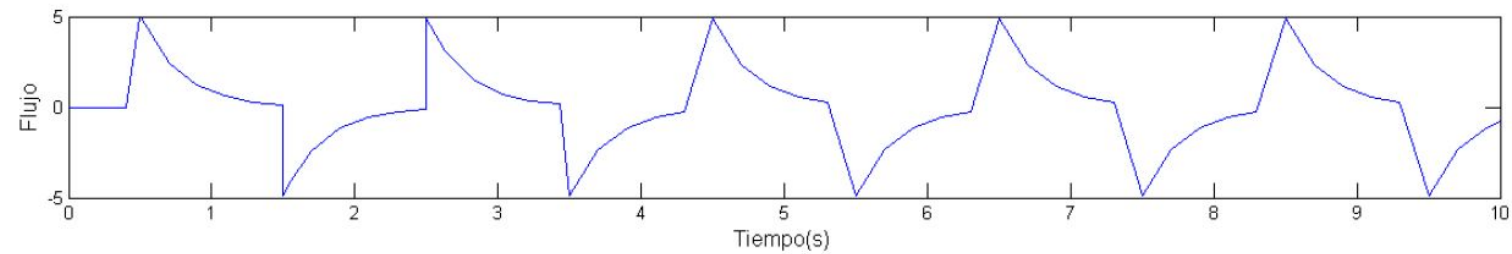
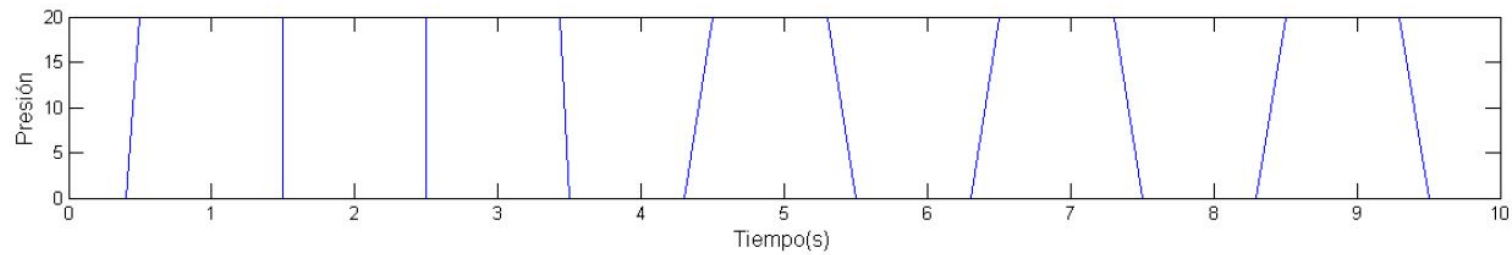
$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

$$V_0 = 0$$

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

$$C = 0.02 - 0,028 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 1 - 3 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$

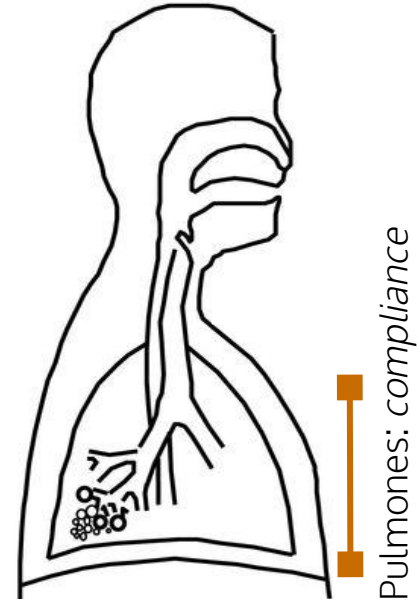


Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO:

Alteran la compliance (en condiciones normales el pulmón tiene un tejido elástico que le permite volver a su tamaño original)

Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA), enfisema pulmonar, fibrosis pleural, etc.



Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO:

Alteran la compliance (en condiciones normales el pulmón tiene un tejido elástico que le permite volver a su tamaño original)

Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA), enfisema pulmonar, fibrosis pleural, etc.

Enfisema pulmonar:

- Enfermedad caracterizada por la pérdida de la elasticidad pulmonar.
- Destrucción de estructuras que dan soporte a los alvéolos y de los capilares que suministran sangre a los mismos.
- El pulmón se distiende con mucha facilidad (se *eleva la compliancia*).
- El pulmón no se vacía de forma correcta tras una inspiración.

Alvéolos
con enfisema



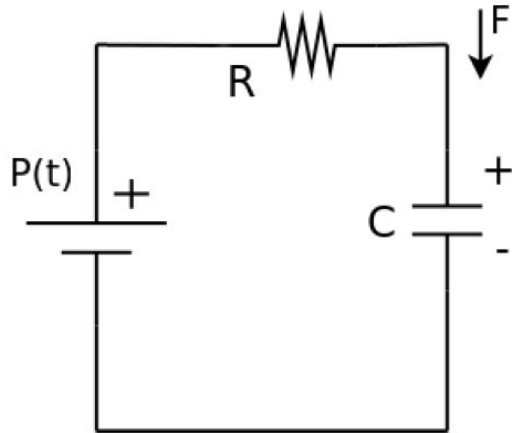
Vista al microscopio
de alvéolos normales



Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO: *Enfisema pulmonar*

- Aumento de la compliancia pulmonar



$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

$$V_0 = 0$$

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

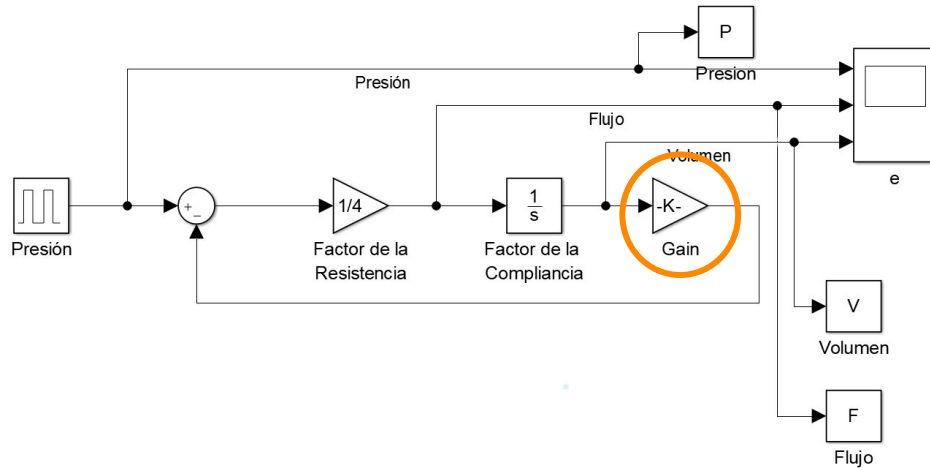
$$C = 0.5 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 1 - 3 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$

Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO: *Enfisema pulmonar*

- Aumento de la compliancia pulmonar



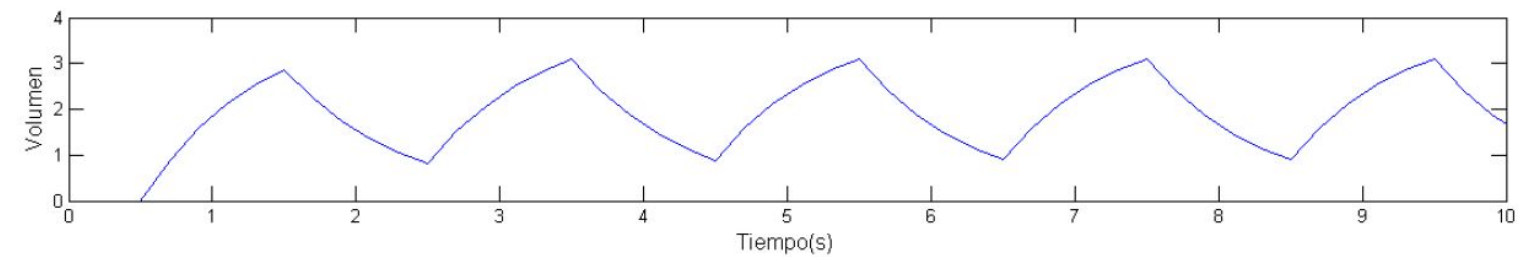
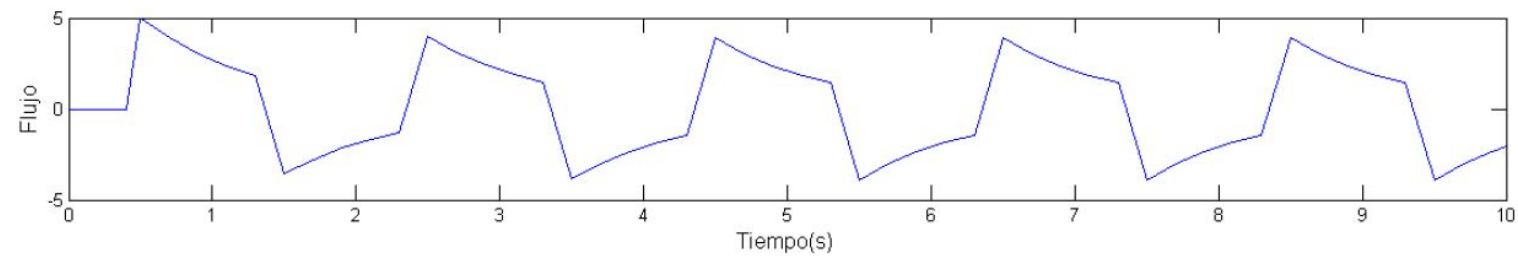
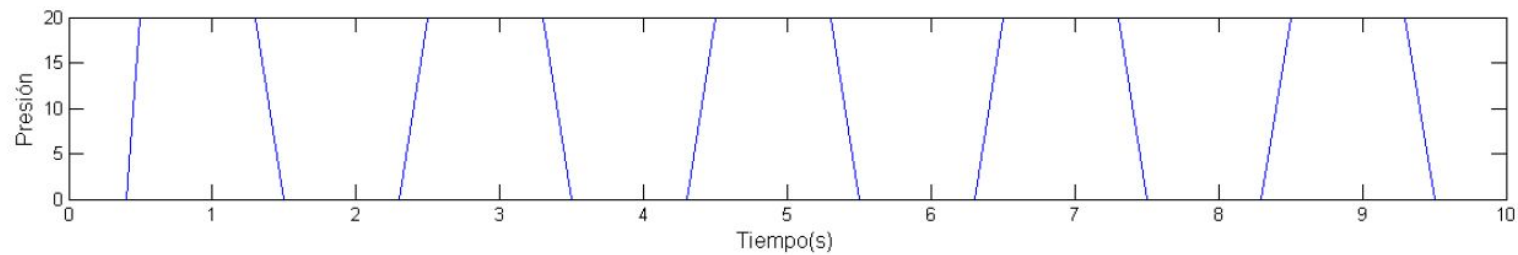
$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

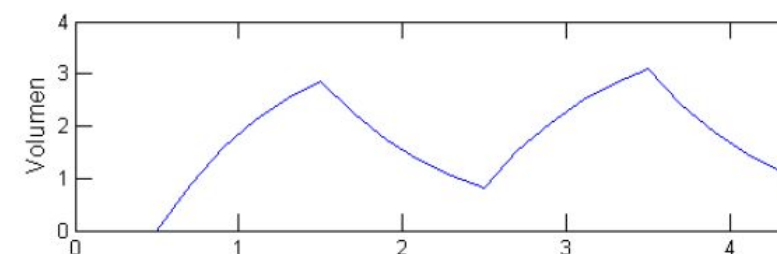
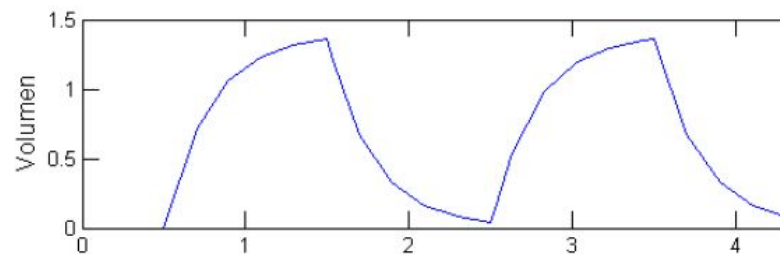
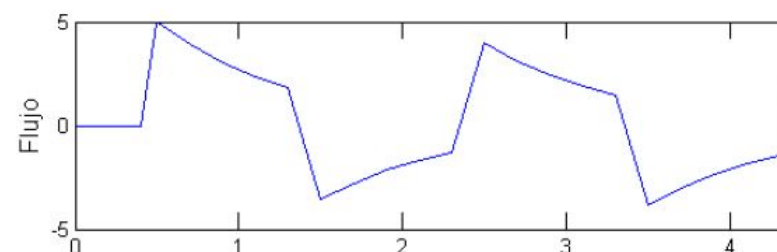
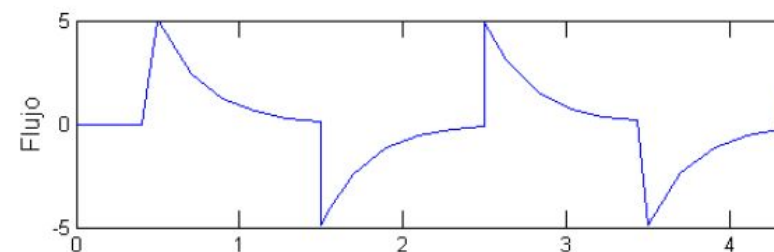
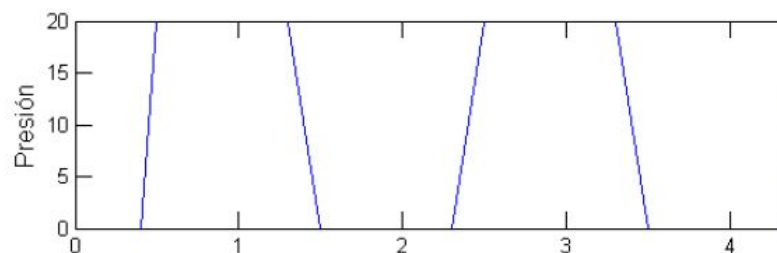
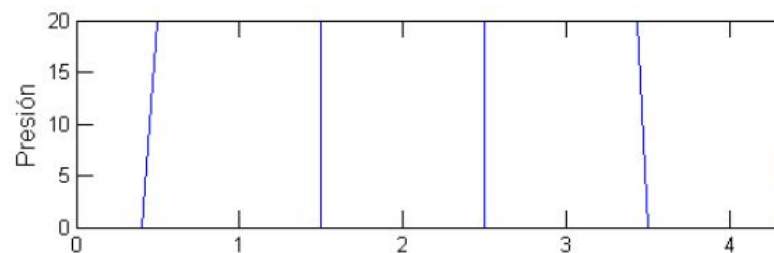
$$V_0 = 0$$

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

$$C = 0.5 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 1 - 3 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$



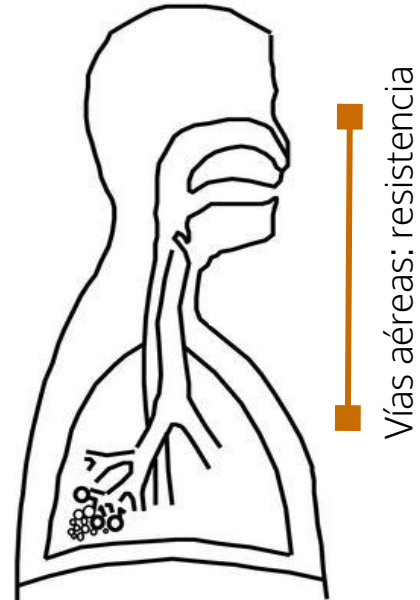


Casos patológicos

SÍNDROME OBSTRUCTIVO:

Interfieren en la resistencia en la vía aérea. “Disminución del calibre de los bronquios y/o bronquiolos, difuso o localizado, que provoca atrapamiento aéreo”.

Asma bronquial, bronquitis crónica, EPOC, edema de glotis, entre otras.



Casos patológicos

SÍNDROME OBSTRUCTIVO:

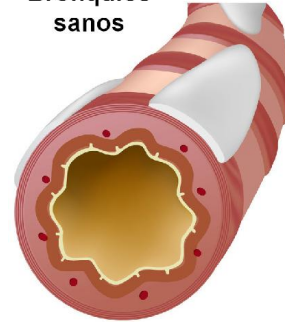
Interfieren en la resistencia en la vía aérea. “Disminución del calibre de los bronquios y/o bronquiolos, difuso o localizado, que provoca atrapamiento aéreo”.

Asma bronquial, bronquitis crónica, EPOC, edema de glotis, entre otras.

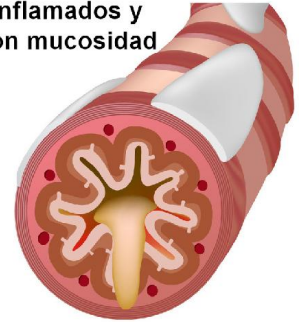
Bronquitis crónica:

- Enfermedad inflamatoria de los bronquios.
- Manifestación clínica: producción crónica de expectoración mucosa.
- Aumento de las células caliciformes.
- El estrechamiento de los canales bronquiales provocan un *aumento en la resistencia* al flujo de aire hacia los alvéolos.

Bronquios sanos



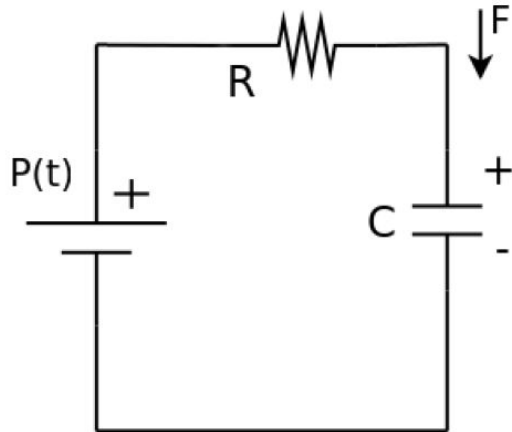
Bronquios inflamados y con mucosidad



Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO: *Bronquitis crónica*

- Aumento de la resistencia al flujo de aire



$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

$$V_0 = 0$$

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

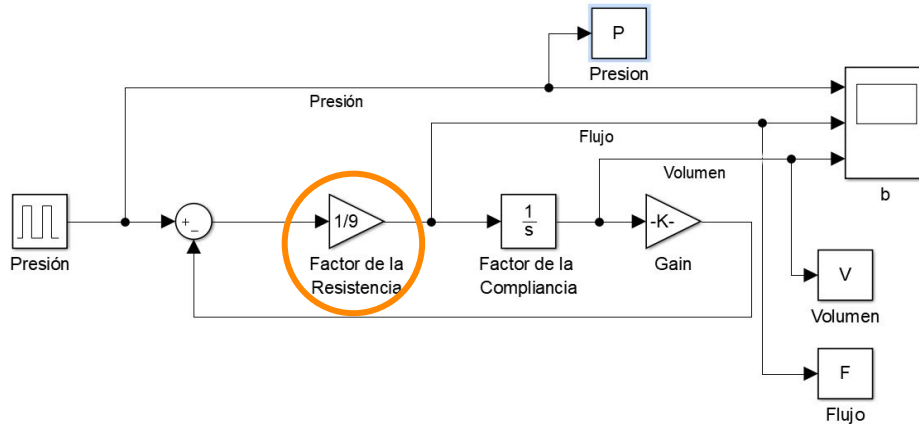
$$C = 0.02 - 0,028 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 9 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$

Casos patológicos

SÍNDROME RESTRICTIVO: *Bronquitis crónica*

- Aumento de la resistencia al flujo de aire



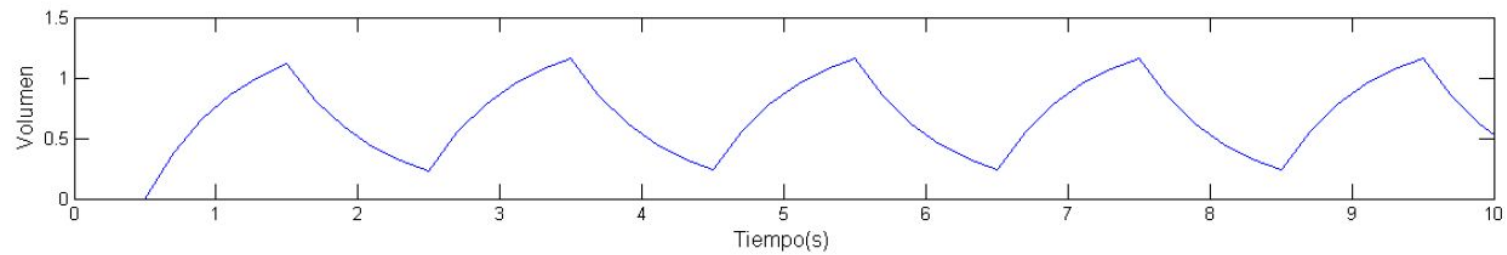
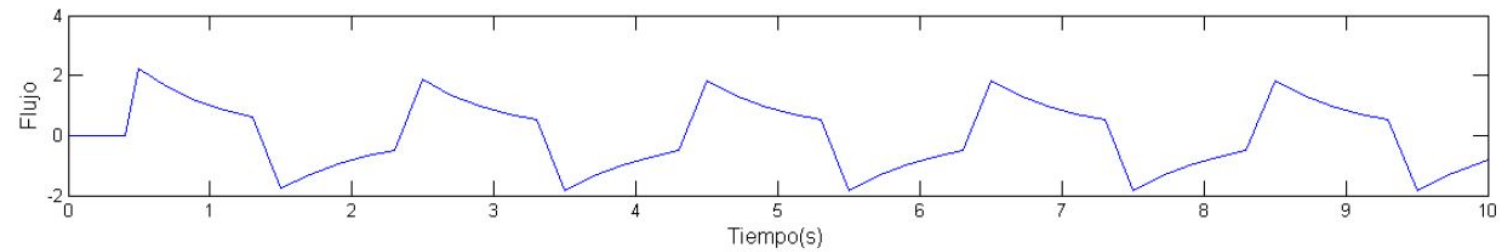
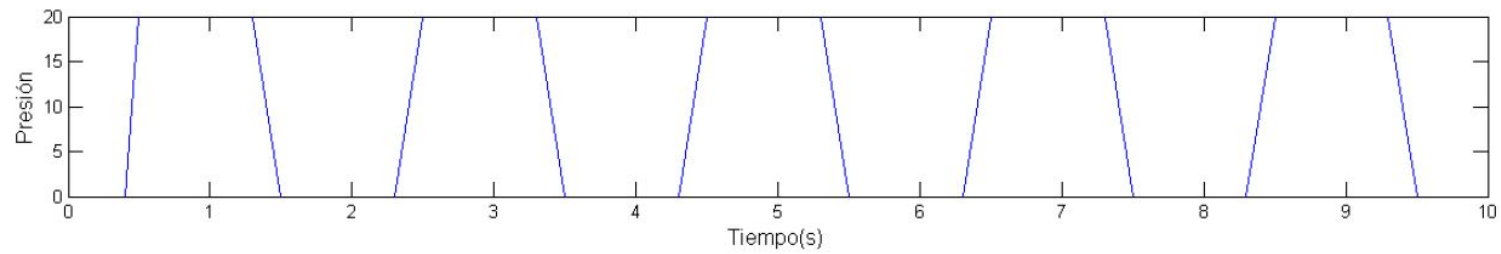
$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{R} \left(P(t) - \frac{1}{C} V \right)$$

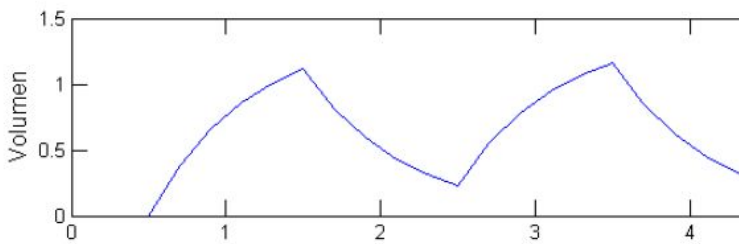
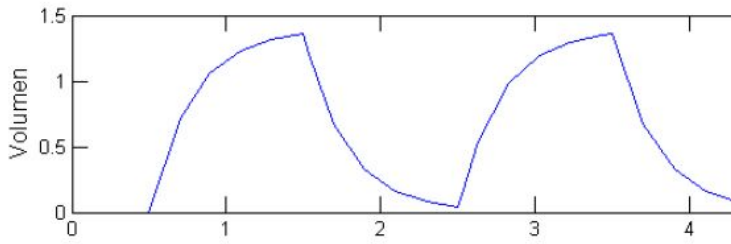
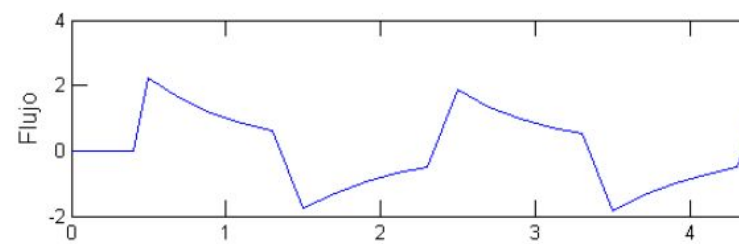
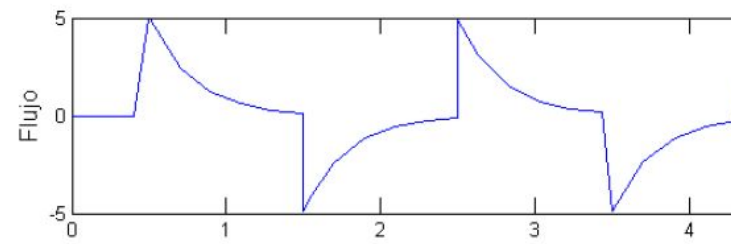
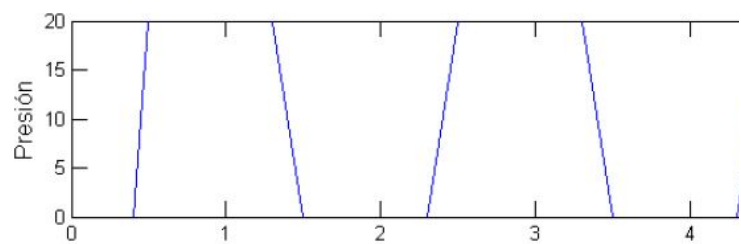
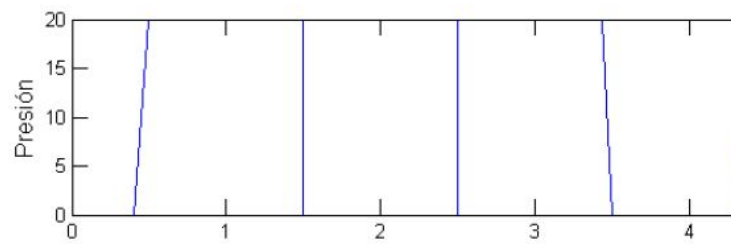
$$V_0 = 0$$

$$P = 15 - 40 \text{ cmH}_2\text{O}$$

$$C = 0.02 - 0,028 \text{ L/cmH}_2\text{O}$$

$$R = 9 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$$





Gracias!

Lucía Lemes

llemes@cup.edu.uy

Paula Soria

paula.soria@litoralnorte.udelar.edu.uy

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, and infographics & images by **Freepik**

Please keep this slide for attribution