



# Módulo 1: Fisiología arterial

Práctico - Fisiología Cuantitativa 2026

# Contenido

**01**

**Impedancia arterial**

**02**

**Simulink**

**03**

**Estimación de parámetros**



# 01 Impedancia arterial

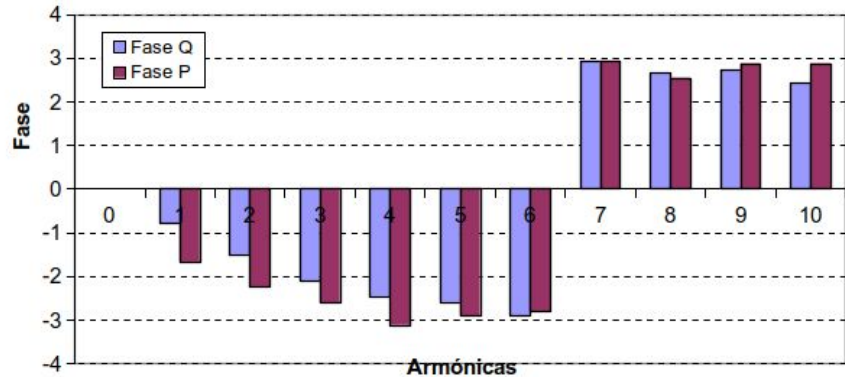
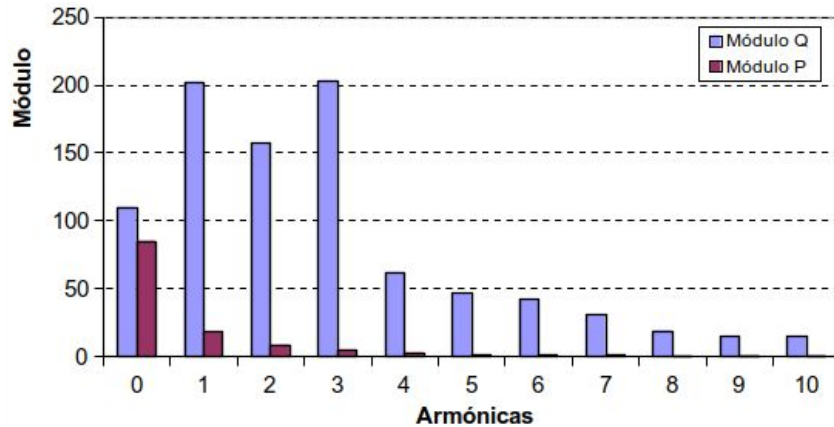
# Impedancia arterial y modelo de WK: ejemplo

Sean dos señales de Presión (mmHg) y Flujo (ml/s) aórticas de un paciente humano gobernadas por las siguientes armónicas

Armónica	Módulo Q	Fase Q	Módulo P	Fase P
0	110	0	85	0
1	202	-0.78	18.6	-1.67
2	157	-1.50	8.6	-2.25
3	203	-2.11	5.1	-2.61
4	62	-2.46	2.9	-3.12
5	47	-2.59	1.3	-2.91
6	42	-2.91	1.4	-2.81
7	31	2.92	1.2	2.93
8	19	2.65	0.4	2.54
9	15	2.73	0.6	2.87
10	15	2.42	0.6	2.87

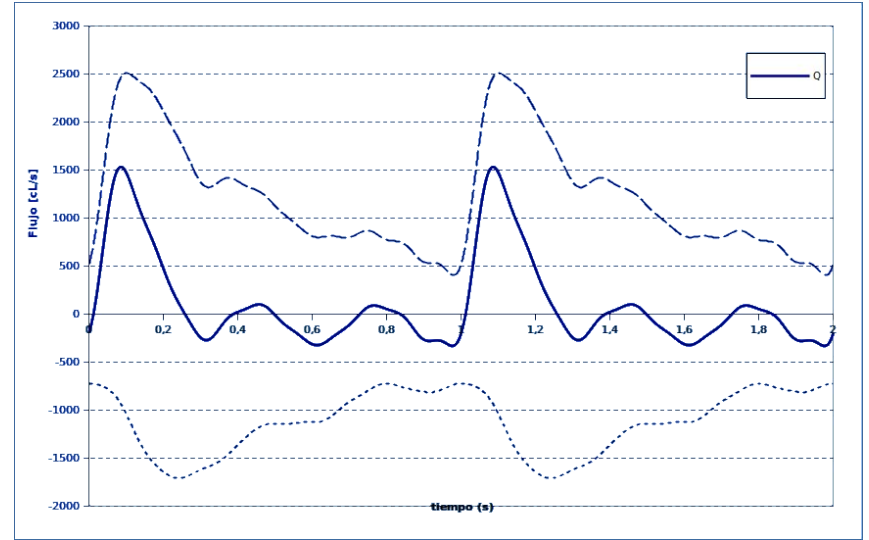
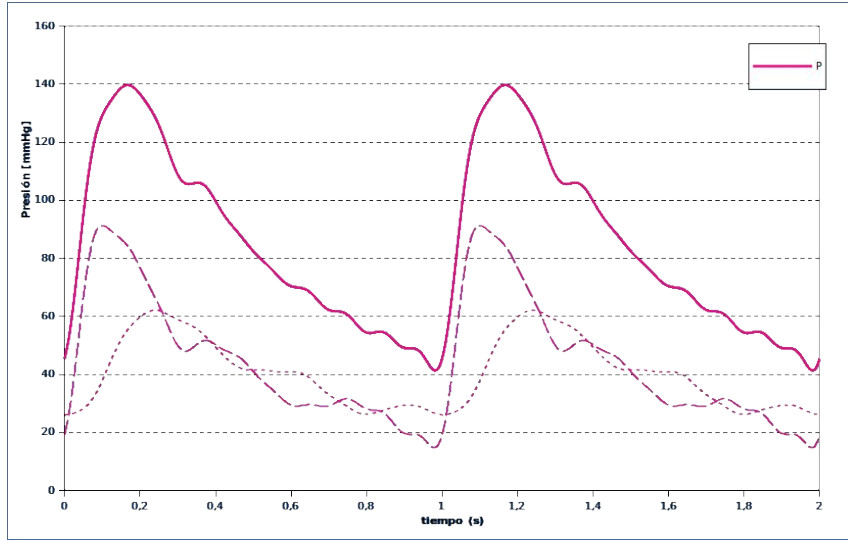
# Impedancia arterial y modelo de WK: ejemplo

1. Graficar en frecuencia las componentes armónicas de  $P(t)$  y  $Q(t)$ .



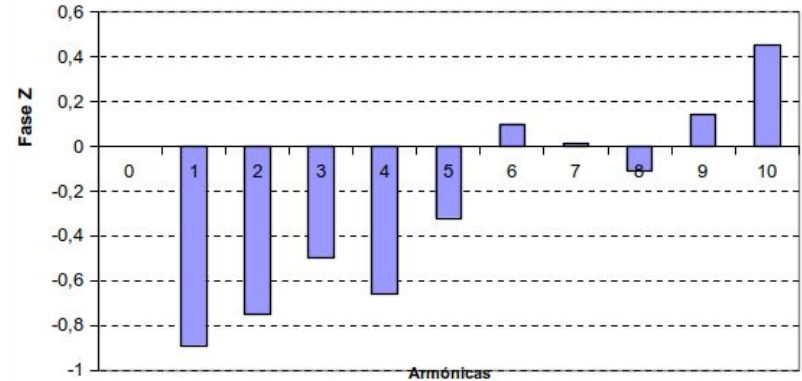
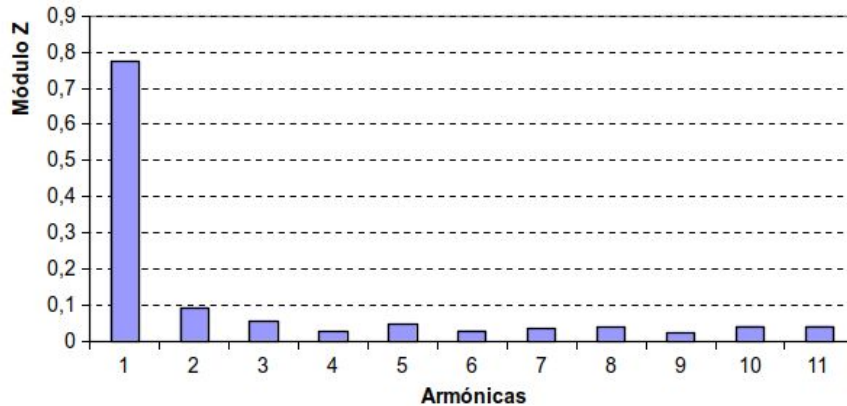
# Impedancia arterial y modelo de WK: ejemplo

1. Graficar en frecuencia las componentes armónicas de  $P(t)$  y  $Q(t)$ .
2. Sintetizar las formas de onda temporales



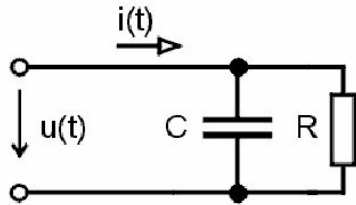
# Impedancia arterial y modelo de WK: ejemplo

1. Graficarlas en frecuencia
2. Sintetizar las formas de onda temporales
3. Calcular  $Z_e$  identificando los componentes eléctricos representativos



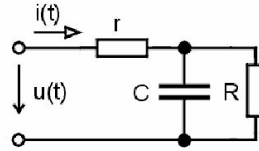
# Modelos de Windkessel

## 2 elementos

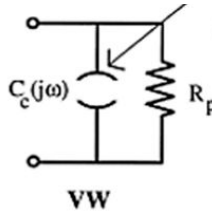


a) 2WM

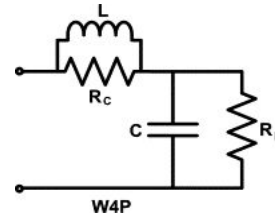
## 3 elementos



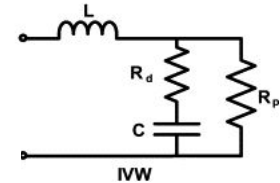
b) 3WM



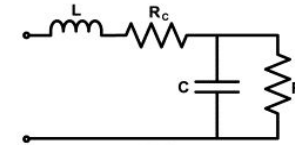
## 4 elementos



W4P

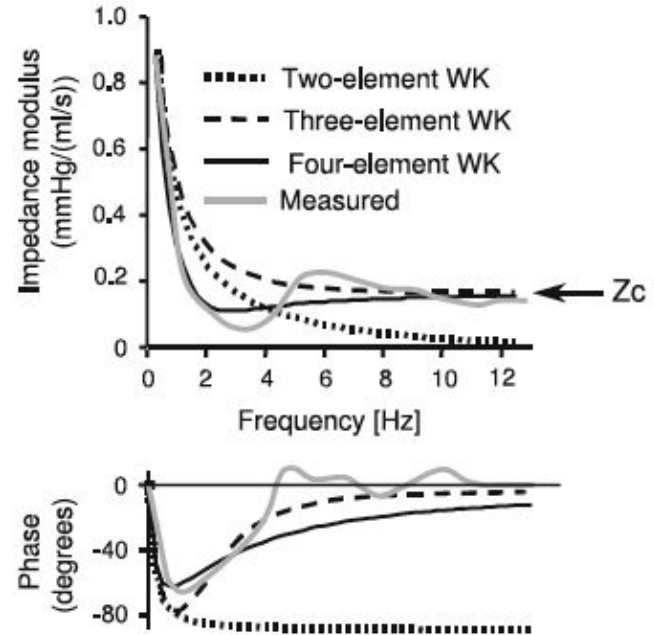
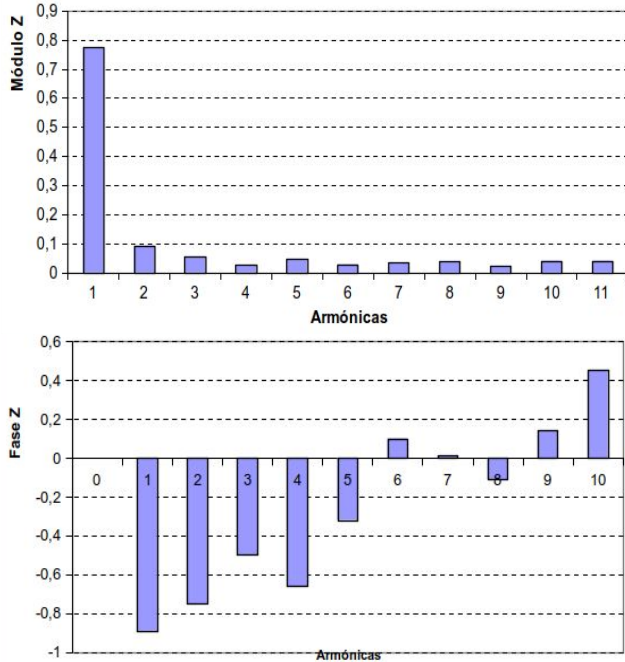


IVW



W4S

# Impedancia arterial y modelo de WK: ejemplo





**02**

**Simulink**

# Aplicación

Modelo Windkessel de 2 elementos:

$$Q(t) = C \frac{dP(t)}{dt} + \frac{P(t)}{R_p}$$

Modelo Windkessel de 3 elementos:

$$Q(t) = C \frac{d(P(t) - Q(t)R_a)}{dt} + \frac{P(t) - Q(t)R_a}{R_p}$$



**03**

# **Estimación de parámetros**

# Estimación de parámetros en Simulink

Usando Parameter Estimation

# Bondad del ajuste

El índice de correlación (o coeficiente de determinación)  $R^2$  (en mayúsculas por referirse a un ajuste no lineal) se define como :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (ymed_i - yest_i)^2}{\sum_i (ymed_i - \overline{ymed})^2}$$

Donde  $ymed_i$  constituye el dato medido y  $yest_i$  el dato estimado a partir de la curva de aproximación al comportamiento a modelar.

En el numerador se observa la varianza residual (variabilidad no explicada) mientras que en el denominador la varianza total de los datos evaluados respecto a su media muestral.

# Gracias!

Lucía Lemes

[llemes@cup.edu.uy](mailto:llemes@cup.edu.uy)

Paula Soria

[paula.soria@litoralnorte.udelar.edu.uy](mailto: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

# Artículos que pueden ser de interés

[1] Westerhof, N., Lankhaar, J.-W., y Westerhof, B. E. (2008) The arterial Windkessel. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 47(2), 131–141. doi: 10.1007/s11517-008-0359-2

[2] Kerner, D. Solving Windkessel Models with MLAB. Extraído de: <http://www.civilized.com/mlabexamples/windkesmodel.html>/