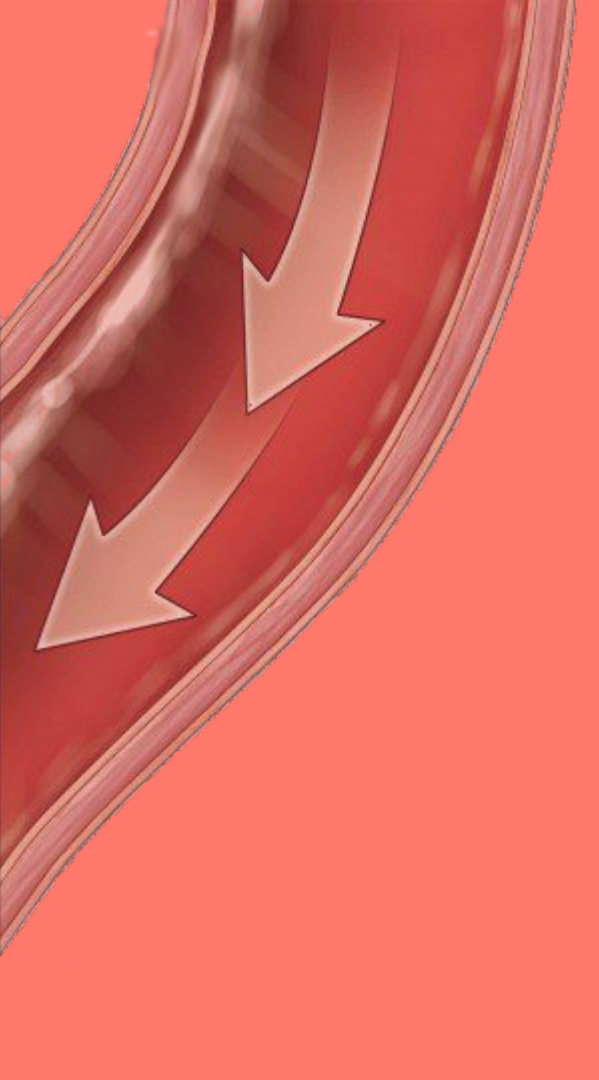


CLASE 7 - FISIOLÓGÍA CUANTITATIVA

Modelo de regulación

Trabajo Práctico N°6



Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

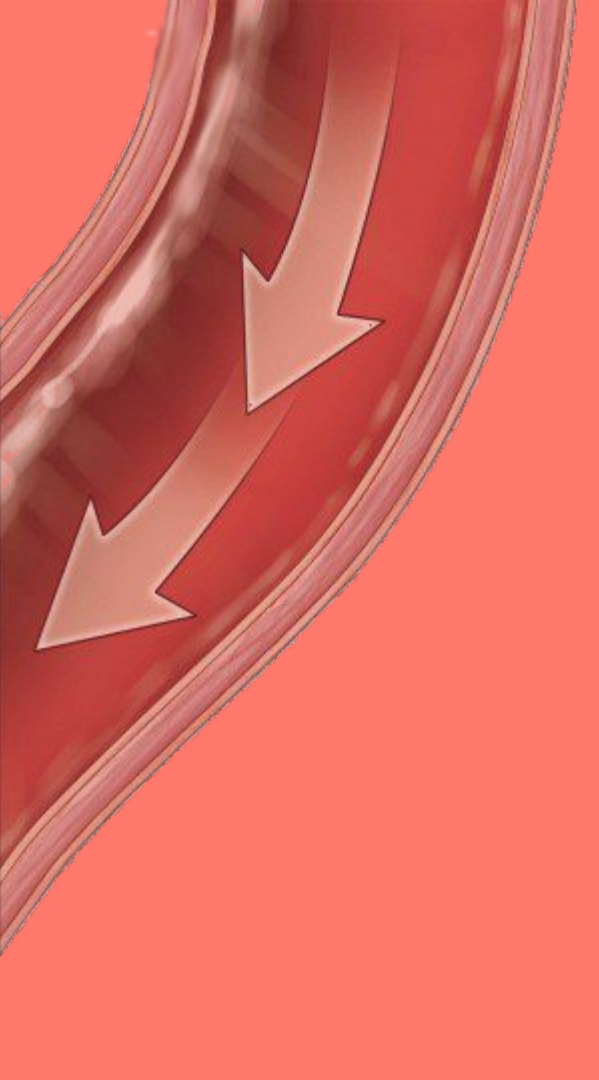
Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Cronograma

Semanas restantes del curso.



Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Cronograma

Semanas restantes del curso.

Objetivos del TP

- Modelar la variabilidad cardiovascular a través del modelo de Cavalcanti.
- Simular la presión media y frecuencia cardíaca de un sistema para un entrada ficticia.
- Corroborar las predicciones del modelo simplificado.

Características

El trabajo práctico se vincula con los contenidos de Fisiología arterial, desde un punto de vista de regulación de la presión media.



El TP se realizará en el lapso de 2 semanas, con una clase de consulta en el medio.



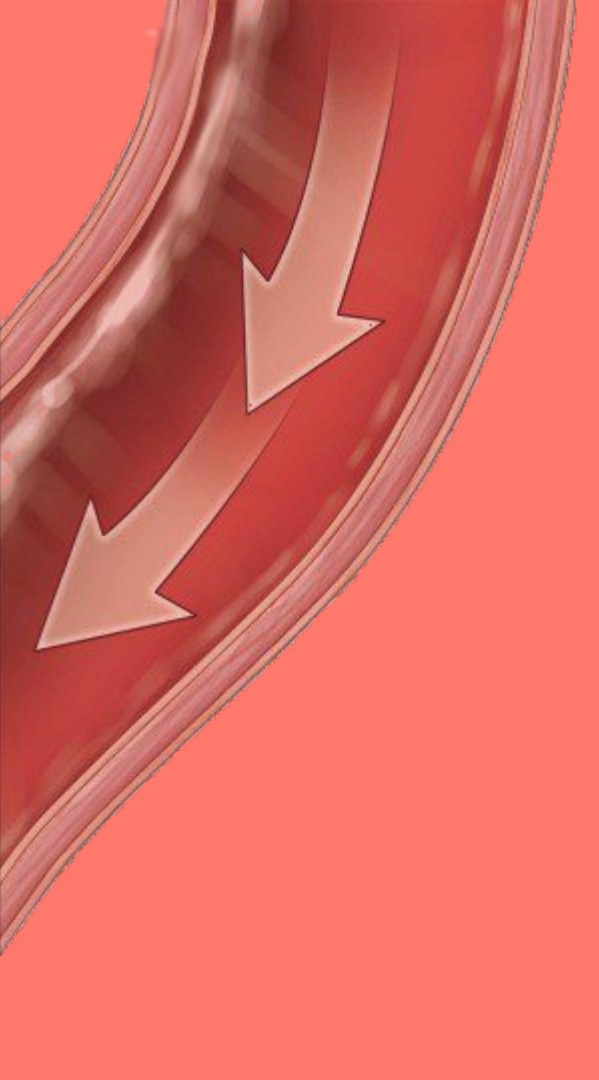
No se utilizarán señales medidas

7 de junio

Cierre del Cuestionario

(habilitado desde el 26 de mayo)





Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

Cronograma

Semanas restantes del curso.

Modelo de Variabilidad Cardiovascular

Cavalcanti y Belardinelli (1996)

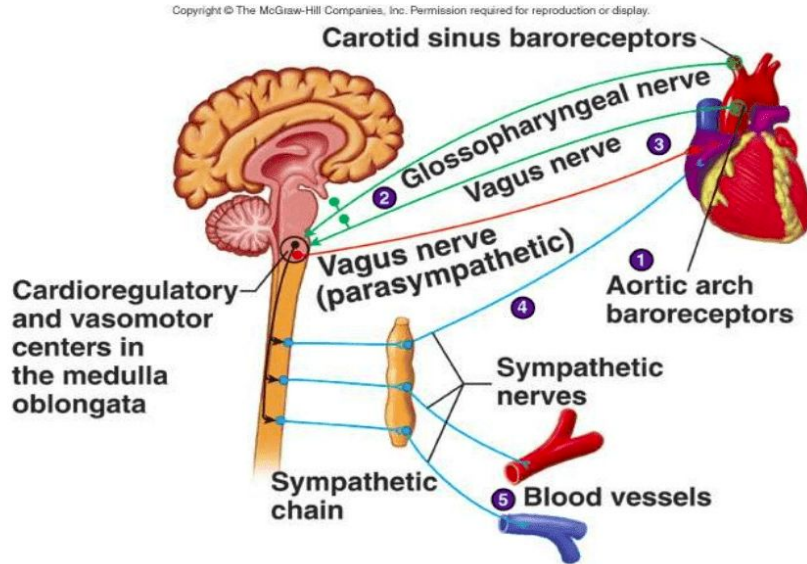


Variabilidad cardiovascular

Una de las características distintivas del sistema cardiovascular es la **naturaleza pulsátil** de las señales que genera. La actividad cíclica del corazón hace que señales tales como las de presión, flujo, electrocardiograma, etc, varían rítmicamente con el tiempo. Además, el período del ciclo cardíaco cambia constantemente, incluso en condiciones de reposo, el intervalo entre latidos de un corazón saludable es caracterizado por **variaciones impredecibles**. Las fluctuaciones en la duración del ciclo cardíaco, la presión arterial y el gasto cardíaco latido a latido son fenómenos regulares que han sido recientemente relacionados con la teoría del **caos determinista** como posible mecanismo subyacente.

En un estado estacionario del sistema cardiovascular, la variabilidad cardíaca es de **10%** con respecto al valor medio.

Variabilidad cardiovascular



El reflejo barorreceptor es un reflejo integrado que permite corregir cambios en la presión arterial variando principalmente el gasto cardíaco y la resistencia periférica al paso de la sangre.

Componentes del modelo

Este modelo, contiene dos bucles de realimentación: uno de ellos representa el efecto de los barorreceptores sobre la frecuencia cardíaca y el otro representa el efecto de los barorreflejos en la contractilidad cardíaca (lo que afecta el gasto cardíaco).

[1] Cavalcanti, S., Belardinelli, E. (1996). Modeling of Cardiovascular Variability Using a Differential Delay Equation

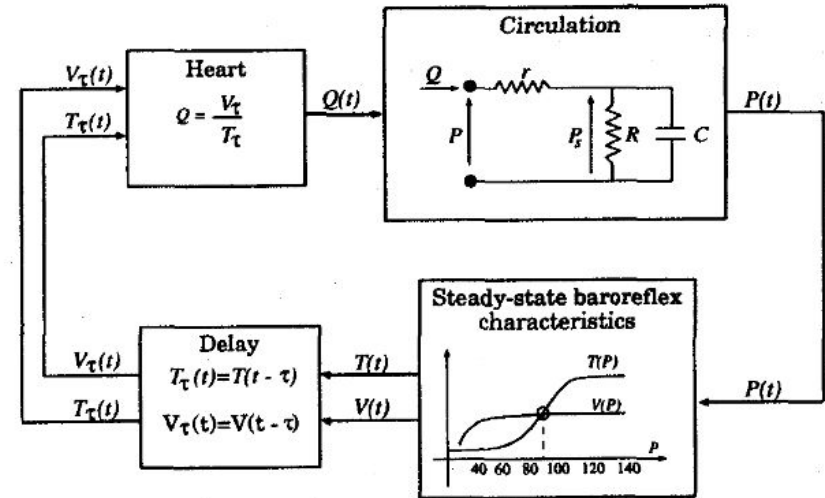


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Componentes del modelo

$T(t)$ se modela como

$$T(P) = T_s + \frac{T_m - T_s}{1 + \gamma e^{-\alpha P/P_n}}, \quad \text{with } \gamma \gg T_m - T_s.$$

Y reproduce los efectos de los barorreflejos en el control de la frecuencia cardiaca.

T_s y T_m representan respectivamente la menor y mayor duración del ciclo cardíaco P_n corresponde al valor medio de presión en el equilibrio (ver WK3).

α y γ determinan el rango y la pendiente de la región lineal de la presión cardíaca media en el ciclo (la sensibilidad del barorreflejo)

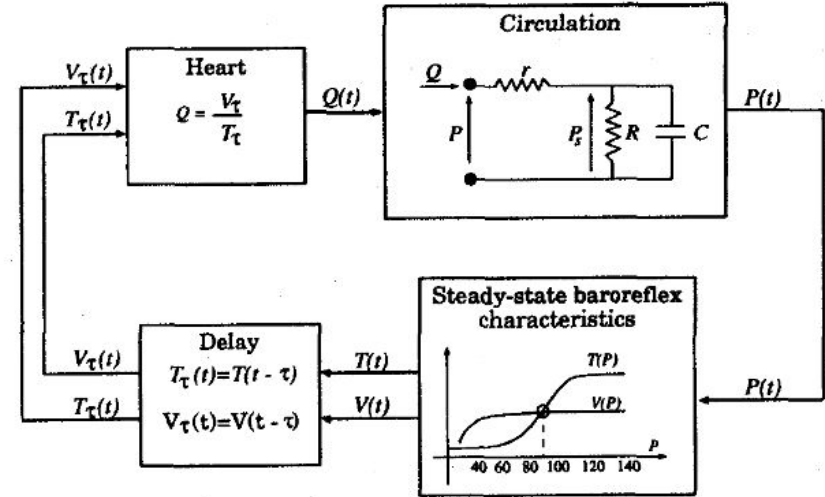


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Componentes del modelo

$V(t)$ se modela como

$$V(P) = \frac{V_{\max}}{1 + \beta \left(\frac{P}{P_v} - 1 \right)^{-k}}, \quad \text{with } P \geq P_v$$

Donde $V_{\max}$ es el volumen eyectado máximo y P_v la presión para la cual la eyección es nula.

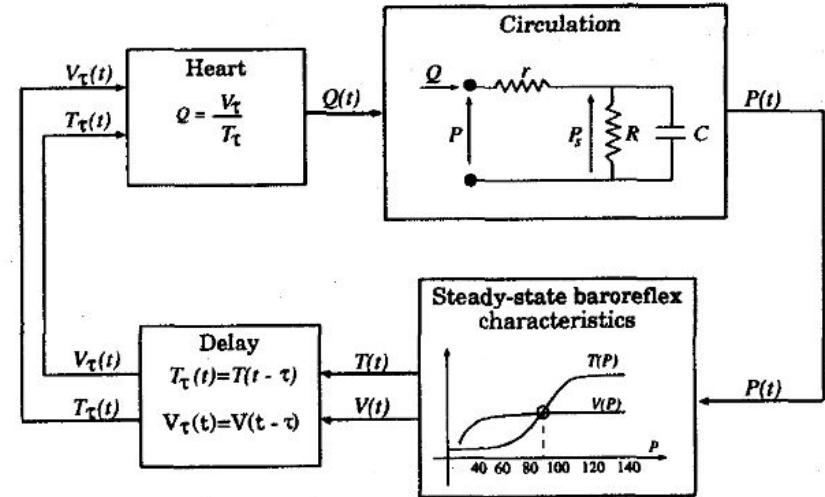


Fig. 1. Schematic representation of the mathematical model employed to study the influence of the time delay in the baroreflex regulation of heart activity; the model is nonpulsatile and the heart is treated as a continuous flow pump; P is the mean arterial pressure, Q the mean aortic flow; baroreflex regulation involves cardiac period T and stroke volume V .

Modelo a implementar:

Supuestos

- Se asume que el volumen eyectado medio depende de la presión arterial, pero en condiciones fisiológicas se mantiene constante.

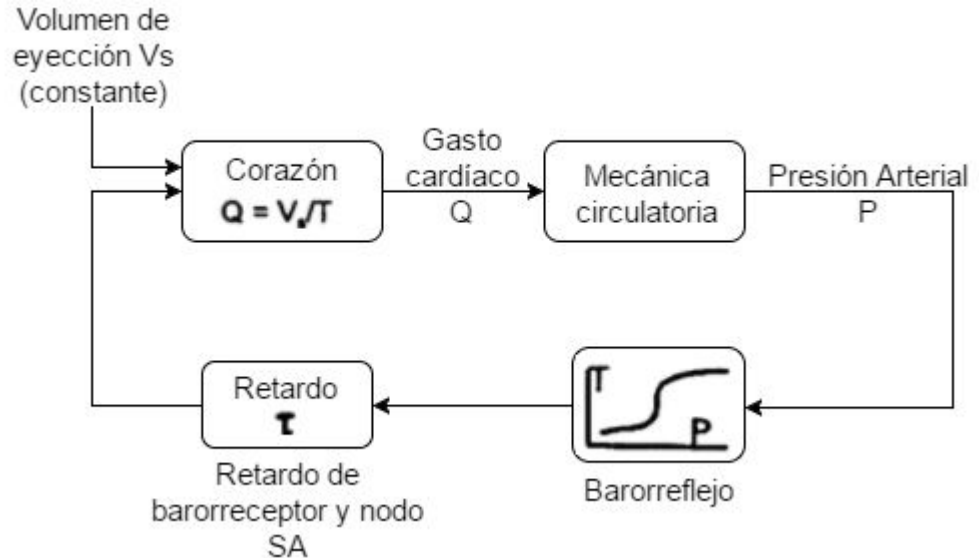
Simplificaciones

- Se consideran sólo los valores medios de las señales de $P(t)$ y $Q(t)$.
- Los valores de R_p , C_a y R_c del modelo de WK_3 se consideran constantes.

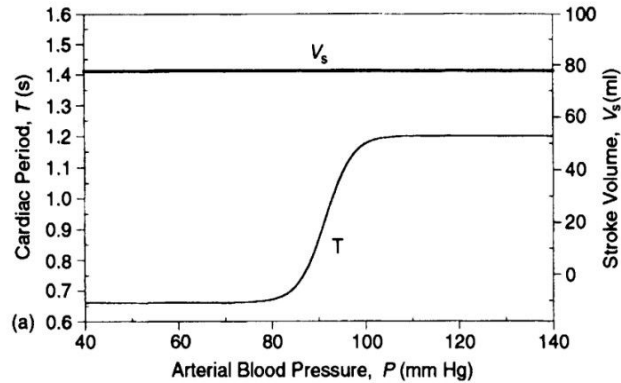
Modelo a implementar:

Diagrama del modelo simplificado

Se considera que el barorreflejo vincula únicamente la presión con la frecuencia cardíaca.



Valores de los componentes del modelo

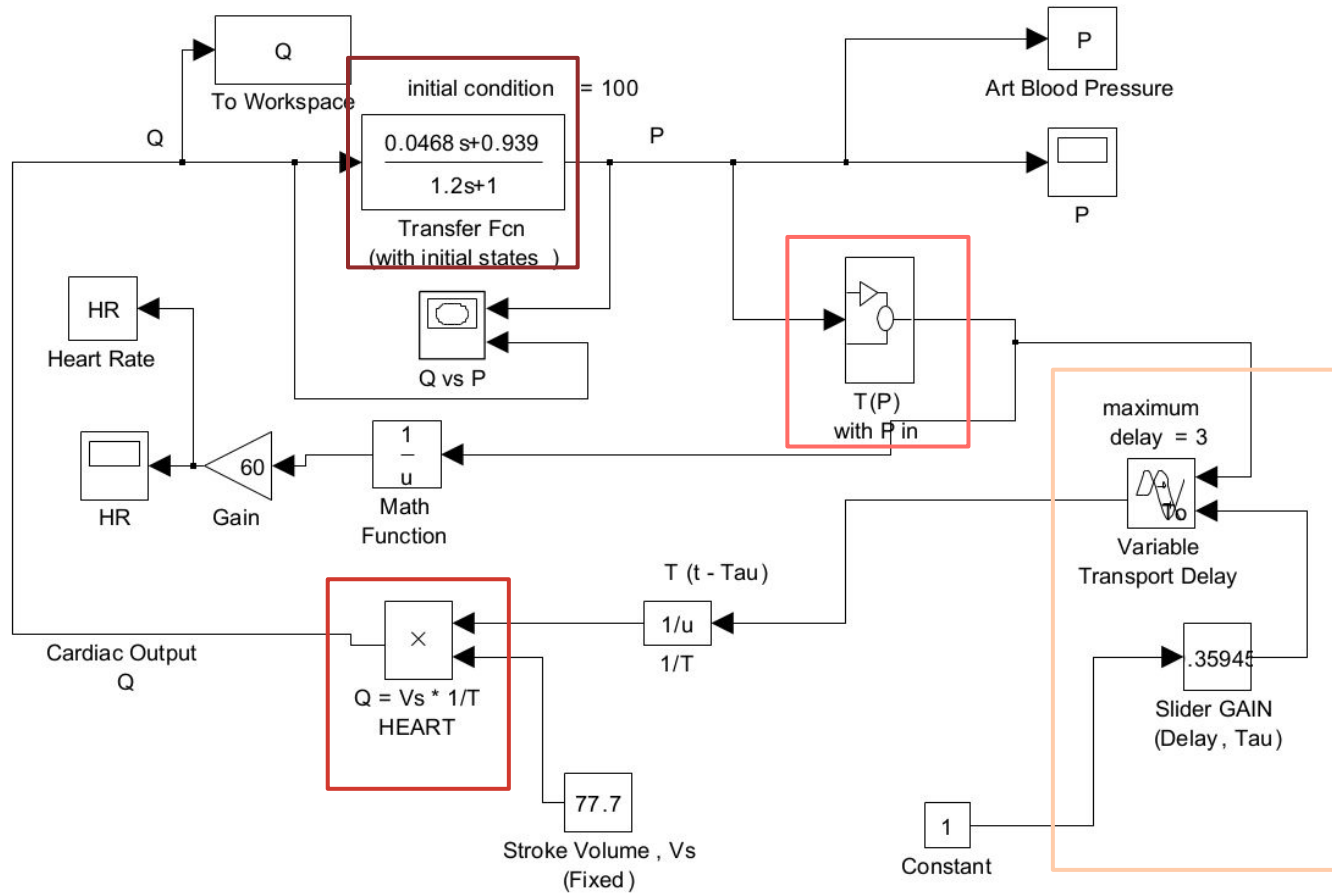


Windkessel

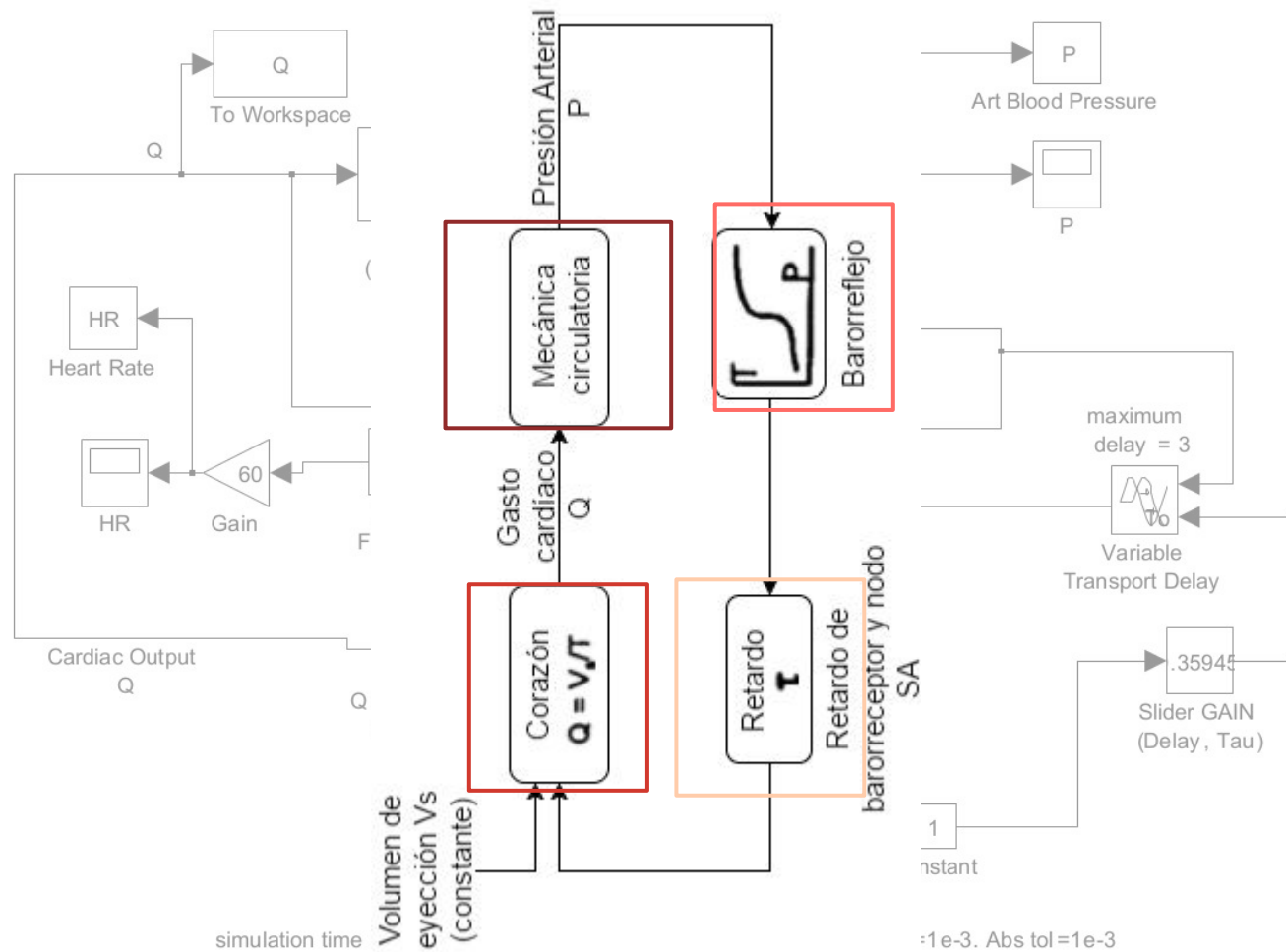
- $C = 1,33 \text{ mm mmHg}^{-1}$
- $R = 0,900 \text{ mmHg s ml}^{-1}$
- $r = 0,039 \text{ mmHg s ml}^{-1}$

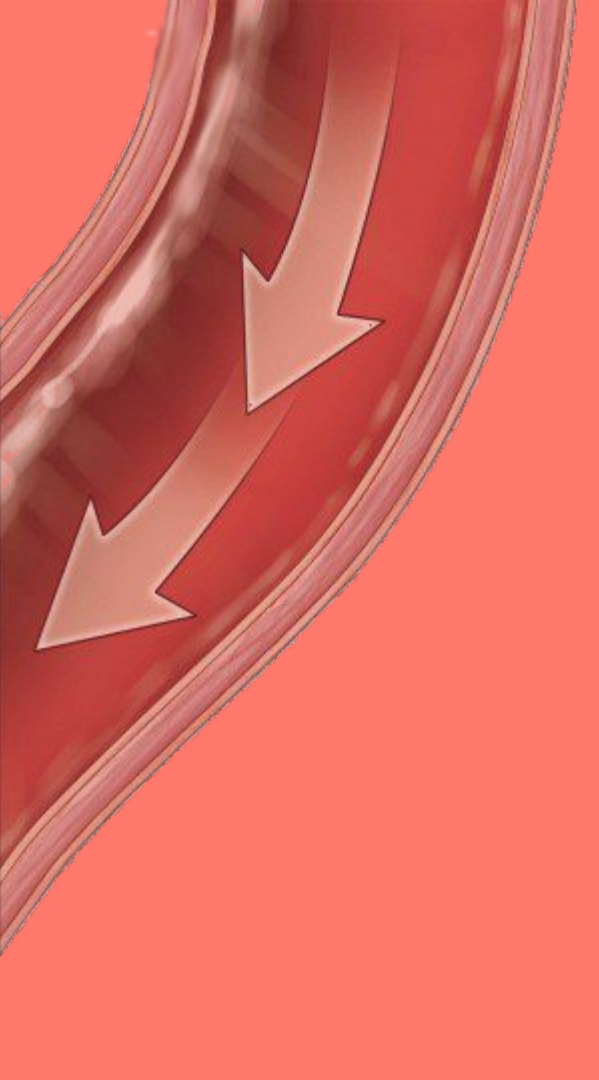
Heart Rate

T_s	0.66	[s]
T_m	1.2	[s]
P_n	89	[mmHg]
α	31	
γ	$6.7 \cdot 10^{13}$	



simulation time =120 s. Solver = ode45. Max. step size=0.1. Rel Tol=1e-3. Abs tol=1e-3





Contenidos

1

Presentación del trabajo práctico

Fechas y entregas

2

Modelo de Cavalcanti

En qué consiste, cómo se implementa, precauciones, valores y simulaciones.

3

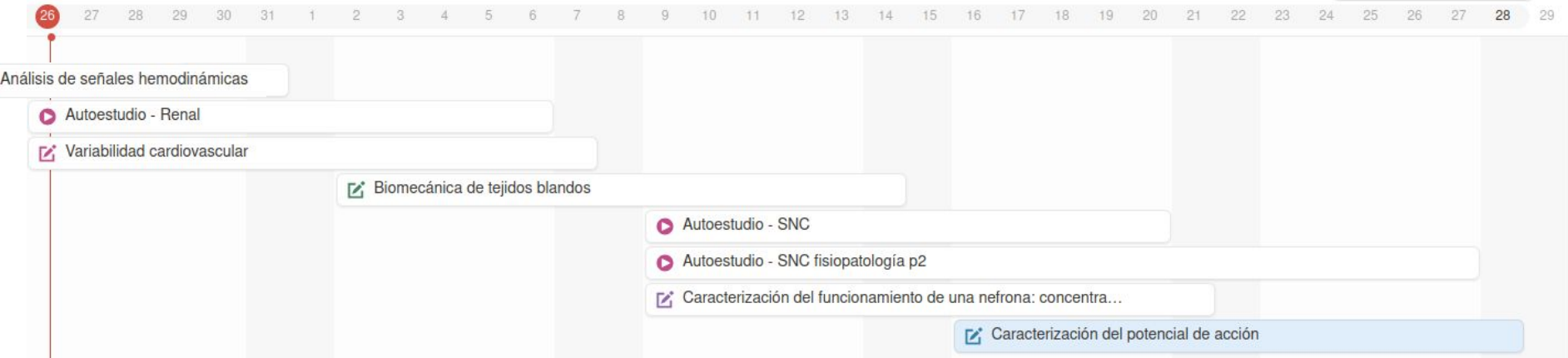
Cronograma

Semanas restantes del curso.

Cronograma restante y consideraciones:

5-May	7	Autoestudio - Fisiopatología arterial	Simulink (video).	Módulo Cardiovascular: parte 5. Windkessel, Hemodinámica y sangre.
12-May	8	Autoestudio - Módulo respiratorio	Tp4 y 5 - Explicación de circuitos WK. Implementación en Simulink. Efectos patológicos. Cómo estimar parámetros en WK.	Propagación, onda reflejada. Barorreflejo, sistemas deterministas, sistemas caóticos.
19-May	9	Autoestudio - Módulo respiratorio: fisiopatología	Tp5 - Cómo estimar parámetros en WK. Comparación en espacio de frecuencias, dudas.	Fisiología de la sangre. Circulación pulmonar y fisiología respiratoria. Noción de fractalidad.
26-May	10	Leer artículo de Cavalcanti et. al.	Tp6 - Variabilidad cardiovascular	Sistema esquelético: músculo y tejidos blandos. Viscosidad
2-Jun	11		Tp7 - Práctico de bosc en paysandú.	Clase sobre Marcha humana
9-Jun	12	Autoestudio - Módulo renal	Modelado de la ventilación pulmonar	Módulo Renal
16-Jun	13		Tp8 - Práctico de renal	Módulo Renal
23-Jun	14	Autoestudio - Módulo Neuro: teoría 1	Señales bioeléctricas y Modelo de HH	Módulo de neurofisiología (redes NN, etc)
30-Jun	15	Autoestudio - Módulo Neuro: teoría 2		Módulo de neurofisiología
7-Jul	16			
14-Jul	17			
21-Jul	18	Evaluación final		

Cronograma restante y consideraciones:



Gracias!

¿Preguntas?

Ricardo Armentano



rarmentano@cup.edu.uy

Lucía Lemes



llemes@cup.edu.uy