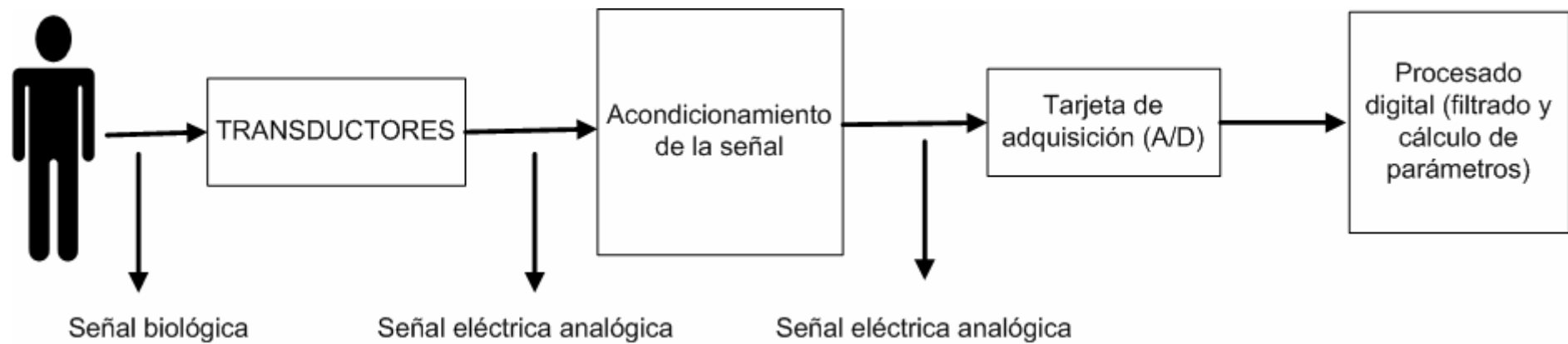


# Análisis de señales biomédicas

# Objetivo

- n La adquisición y procesamiento de las variables fisiológicas del paciente para realizar una recomendación diagnóstica y/o un plan terapéutico.
- n La bioingeniería busca el desarrollo de sistemas que permitan tanto la gestión de esta información como facilitar su análisis.

# Etapas en la adquisición de una señal biológica



# Características de la instrumentación biomédica

- n La acción de medir no debe alterar la magnitud medida.
- n Hay que garantizar la seguridad.
- n Los instrumentos biomédicos deben ser robustos, fiables y de fácil calibración.

# Transductores

- n Transductor es todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en otra señal similar de forma física distinta.
- n Los transductores bioeléctricos son aquellos que ofrecen, a su salida, una señal eléctrica en respuesta a una señal de entrada originada en un ser vivo.

# Características generales de los transductores

n Características estáticas: cuando la magnitud medida varía de forma lenta pudiéndose considerar estática.

n Características dinámicas: cuando la magnitud medida varía de forma apreciable con el tiempo.

# Características estáticas

- n Exactitud: se mide utilizando el error relativo, cociente entre error absoluto y valor medido.
- n Fidelidad: es la cualidad de ofrecer la misma salida cuando se aplica la misma entrada.
- n Derivas cero: es la evolución de la salida del transductor cuando la magnitud de entrada es cero.
- n Derivas factor de escala: es la pendiente de la curva definida por los valores que va ofreciendo el transductor a sucesivas a su salida en respuesta a sucesivos valores de la variable de entrada. Cuando la pendiente es constante se dice que el transductor es lineal.

# Características dinámicas

- n En un transductor se van a dar elementos que almacenan energía, lo que provoca que cuando cambia la entrada no cambie inmediatamente la salida.
- n Para conocer el error dinámico y el tiempo de respuesta, se utiliza la teoría de sistemas lineales.



# Tipos de transductores

n Transductores resistivos.

n Transductores inductivos.

n Transductores capacitivos.

n Transductores piezoeléctricos.

# Transductores resistivos

- n Se basan en que cuando se aplica una tensión eléctrica a un material se produce una corriente.
- n Cualquier magnitud que produzca un cambio en uno de los parámetros, provocará un cambio en el valor de la resistencia.

# Transductores inductivos

- n Toda corriente eléctrica genera un campo magnético que varia si la corriente lo hace.
- n La relación entre el flujo magnético generado por un circuito eléctrico y la corriente que lo originó se llama inductancia.
- n Los transductores inductivos se basan en la variación de la inductancia entre circuitos.

# Transductores capacitativos

- n Dos conductores eléctricos constituyen un condensador, adquiriendo una carga dependiente del material y la geometría.
- n Cualquier cambio en el material o la geometría produce un cambio en la carga. Pudiéndose emplear para medir la magnitud que produjo el cambio.

# Transductores pizoeléctricos

- n La pizoelectricidad es la propiedad de algunos materiales de generar una carga eléctrica cuando son sometido a un esfuerzo mecánico y de experimentar una deformación cuando se les aplica una diferencia de potencia eléctrico.
- n Este hecho puede ser utilizado para medir la magnitud deseada.

# Amplificadores

- n Una vez adquirida la señal es preciso amplificarla para poder usarla o representarla.
- n Permiten realizar, además, ciertas operaciones de filtrado y mejora.

# Amplificadores lineales no diferenciales

- n Un amplificador lineal es un circuito que ofrece a su salida una réplica de la entrada con mayor amplitud.
- n En bioingeniería los más usados son los amplificadores operacionales.
- n Un amplificador operacional es un amplificador diferencial con alta ganancia en corriente continua.

# Tipos de señales

n Aleatoria.

n Determinista.

- Periódica.
- No periódica.

n Analógicas.

n Digitales.



# Conversión A/D

- n El objetivo es obtener una señal digital que sea equivalente a la analógica.
- n Se aplican dos procesos:
  - Cuantificación.
  - Codificación.
- n Teorema del muestro:  $F \geq 2.BW$

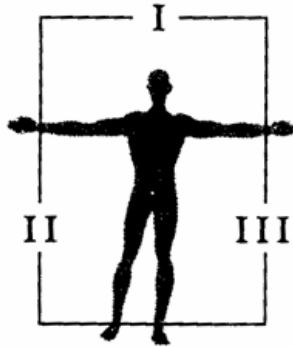
# ECG

- n Es el registro de la actividad eléctrica del corazón medida entre dos puntos de la superficie corporal.
- n Al ser la actividad del corazón rítmica y coordinada, la forma de la onda es regular.

# ECG

- n Cada par de electrodos o combinaciones entre ellos se llaman derivaciones.
- n Una derivación proporciona la proyección del vector cardíaco en la dirección que define.
- n Para medir la actividad del corazón se utilizan 12 derivaciones.

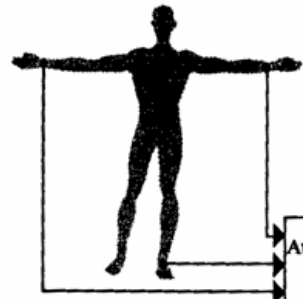
# ECG



$$I = V_{LA} - V_{RA}$$

$$II = V_{LL} - V_{RA}$$

$$III = V_{LL} - V_{LA}$$

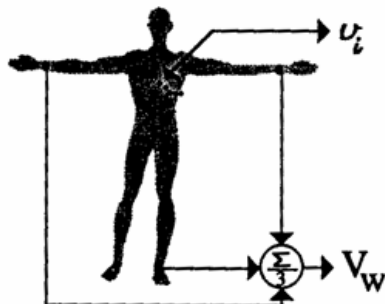


Augmented Leads

$$aVL = \frac{2V_{LA} - V_{RA} - V_{LL}}{2}$$

$$aVR = \frac{2V_{RA} - V_{LA} - V_{LL}}{2}$$

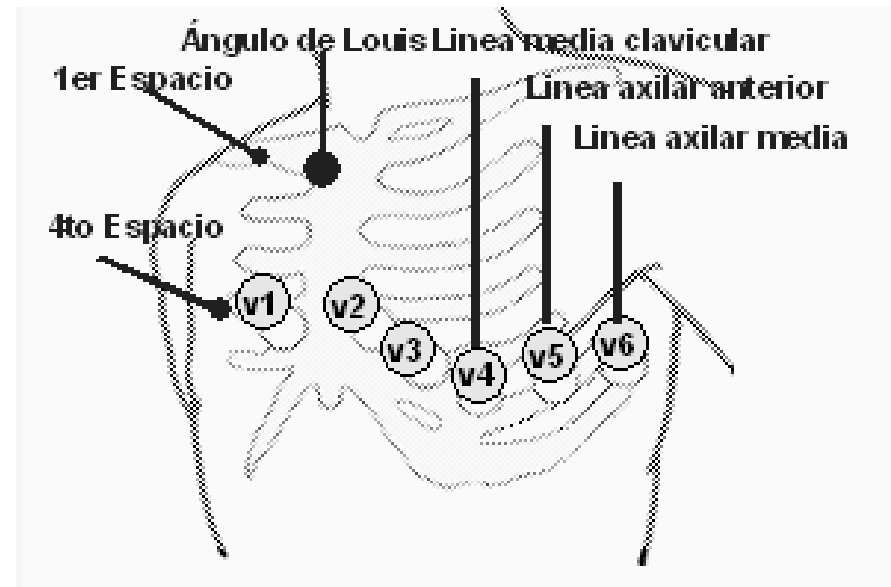
$$aVF = \frac{2V_{LL} - V_{LA} - V_{RA}}{2}$$



$$V_i = \varphi_i - V_W$$

$$i = 1 \text{ to } 6$$

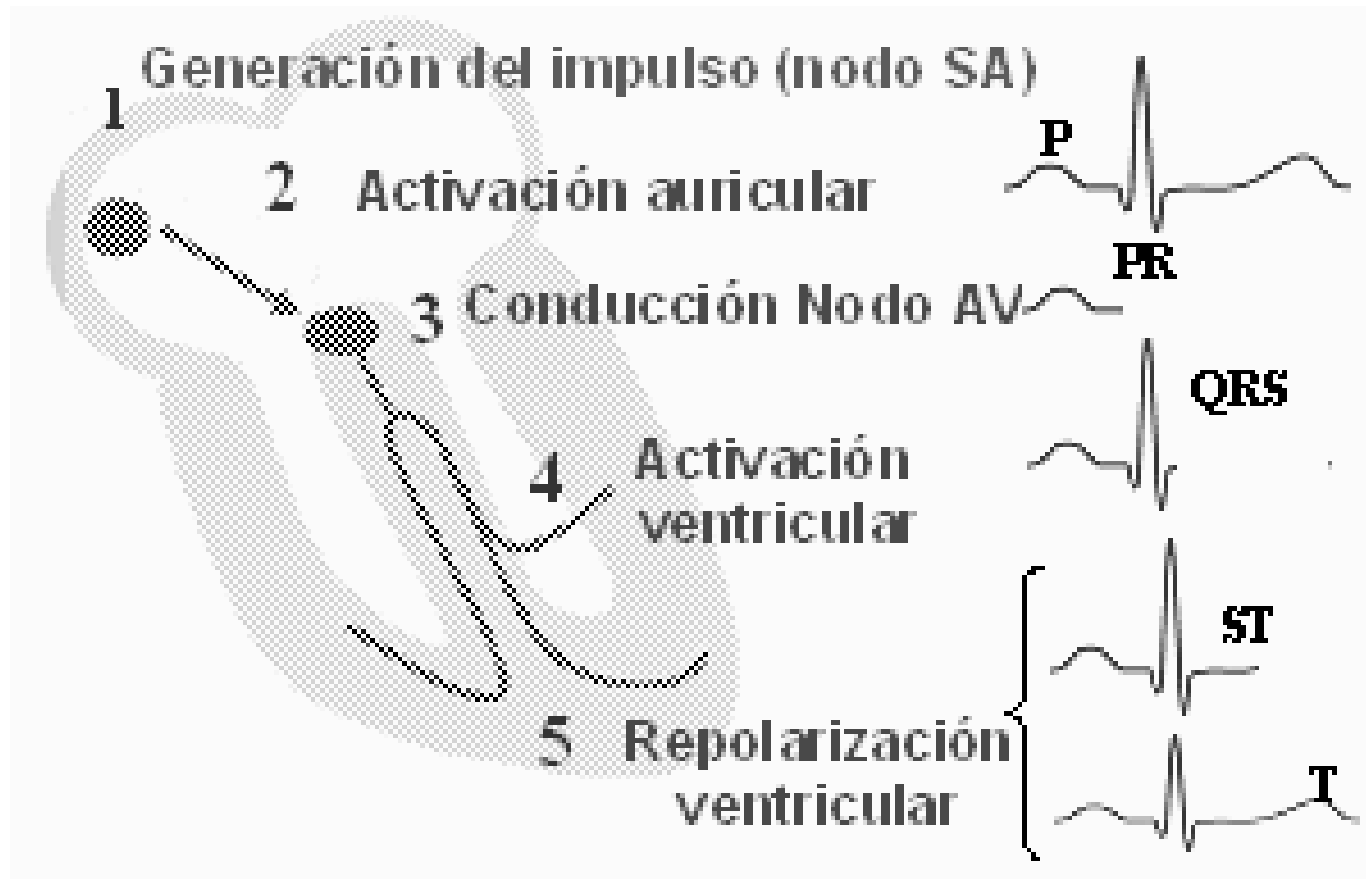
Tipo de derivación	Electrodos	Definición
Bipolares de extremidades (Einthoven)	LA, RA, LL, RL	I = LA - RA
		II = LL - RA
		III = LL - LA
Aumentadas (Goldberger)	LA, RA, LL, RL	aVR = RA - 0,5 (LA + LL)
		aVL = LA - 0,5 (LL + RA)
		aVF = LL - 0,5 (LA + RA)
Unipolares precordiales (Wilson)	V1, V2, V3, V4, V5, V6	V1 = v1 - (LA + RA + LL) / 3
		V2 = v2 - (LA + RA + LL) / 3
		V3 = v3 - (LA + RA + LL) / 3
		V4 = v4 - (LA + RA + LL) / 3
		V5 = v5 - (LA + RA + LL) / 3
		V6 = v6 - (LA + RA + LL) / 3



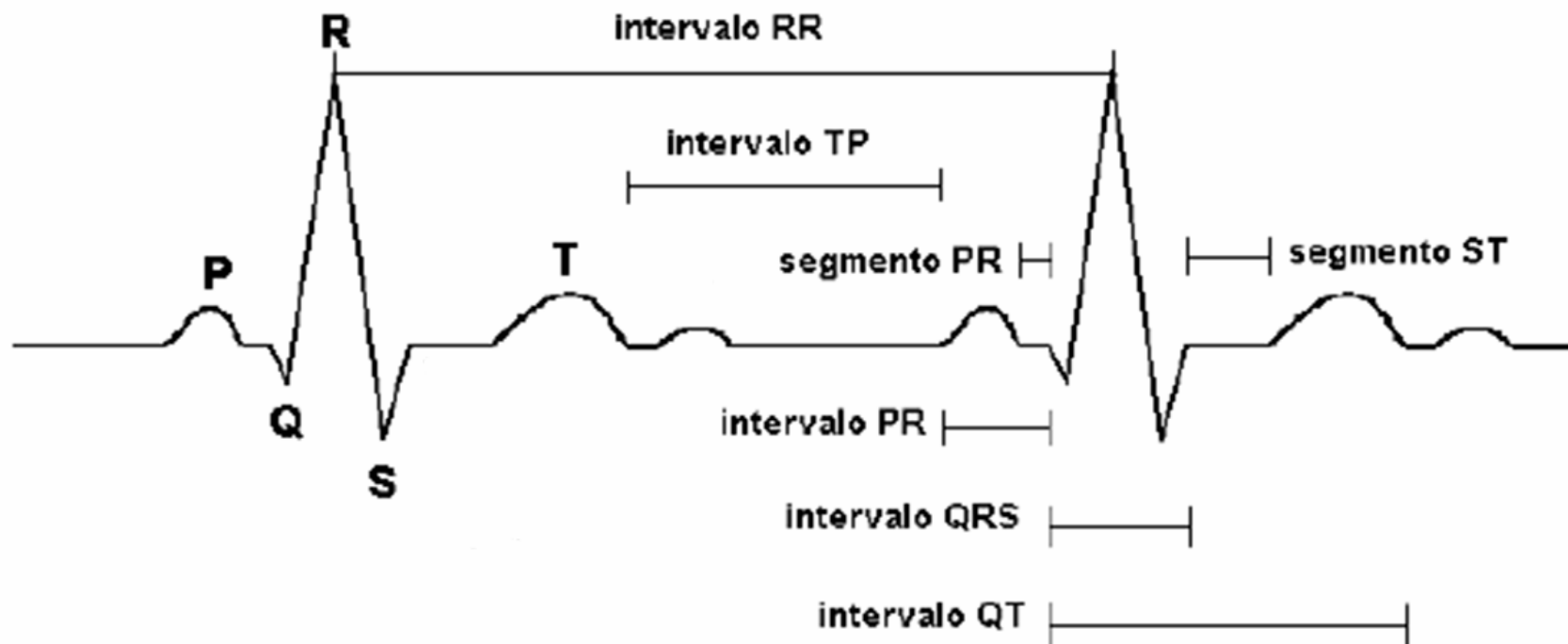
# ECG

- n Cada par de electrodos o combinaciones entre ellos se denomina derivación.
- n El objetivo es conocer el vector cardíaco, el potencial medido en cada derivación es una proyección.
- n Aunque llegan con tres proyecciones en direcciones distintas, normalmente se utiliza 12 derivaciones en los planos frontal y transversal.

# ECG

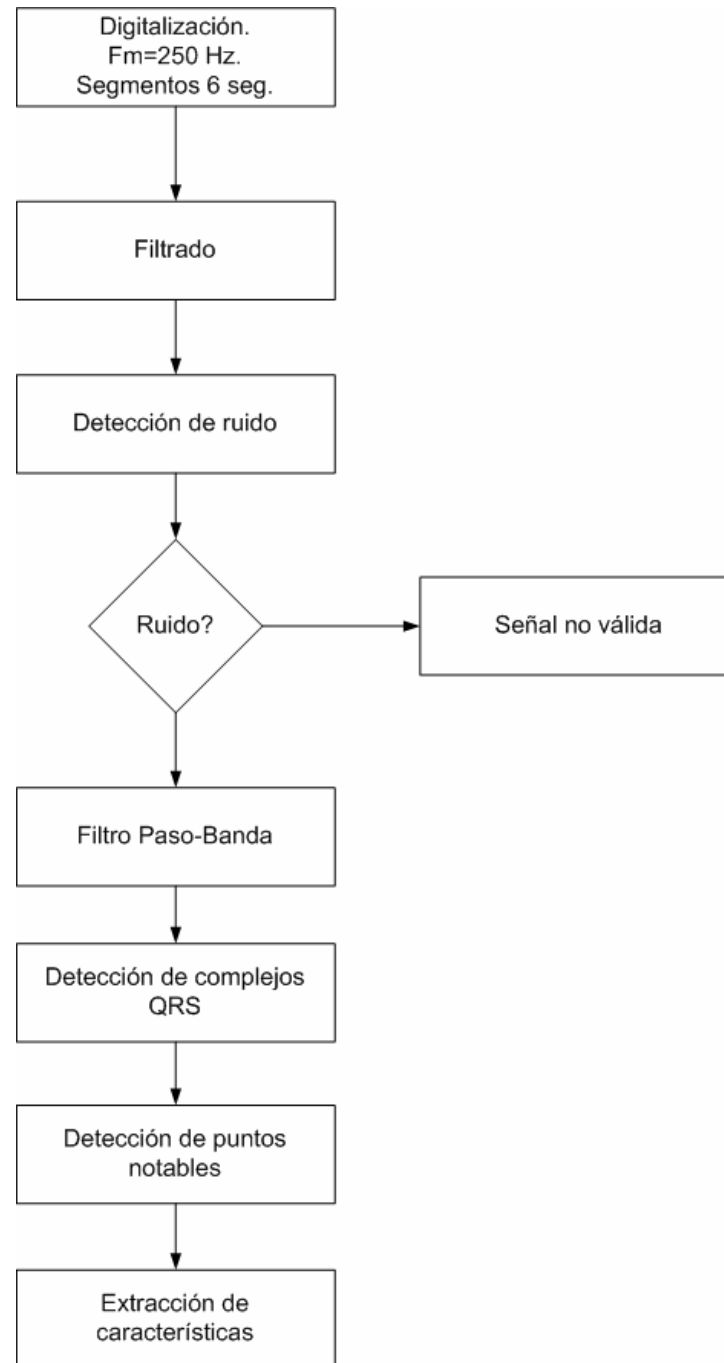


# ECG



Parámetros ECG	Rango normal (s)
Intervalo PR	0,12-0,20
Intervalo QRS	0,06-0,10
Segmento ST	0,05-0,15
Intervalo QT	0,35-0,44
Intervalo RR	0,6-1,0

# ECG

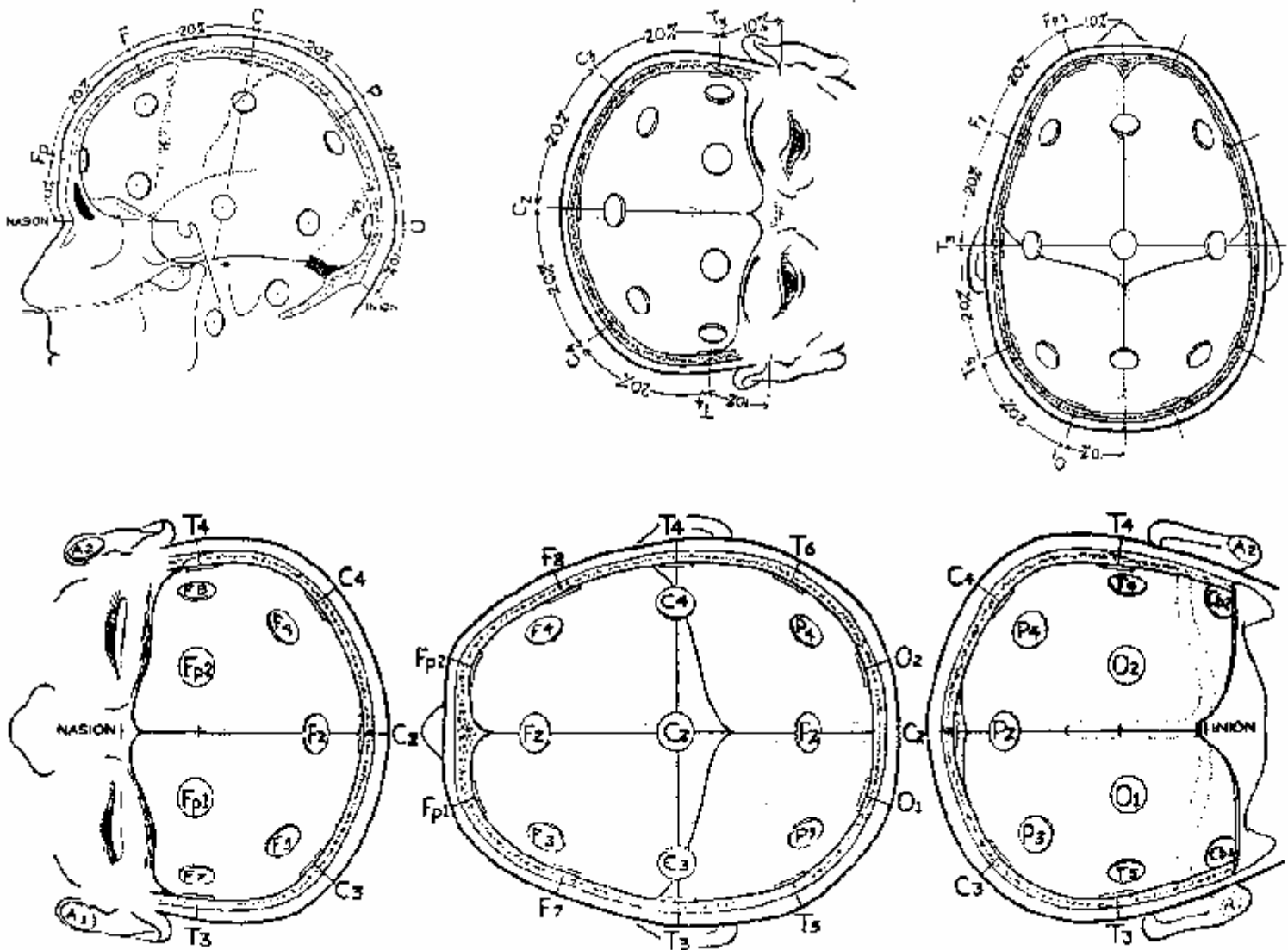




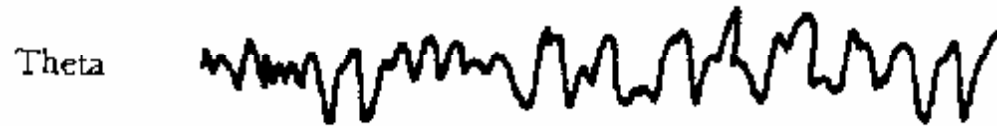
# EEG

- n Consiste en registrar los potenciales bioeléctricos generados por la actividad neuronal del cerebro.
- n Esta actividad es de baja amplitud, no superando los  $150\mu\text{V}$  en un adulto normal en vigilia.
- n La actividad se suele clasificar en "actividad base" y "episodios transitorios".

# EEG



# EEG



1 s

	Frecuencia
Delta ( $\delta$ )	< 4 Hz
Theta ( $\theta$ )	> 4 Hz y < 8 Hz
Alpha ( $\alpha$ )	> 8 Hz y < 13 Hz
Beta ( $\beta$ )	> 13 Hz

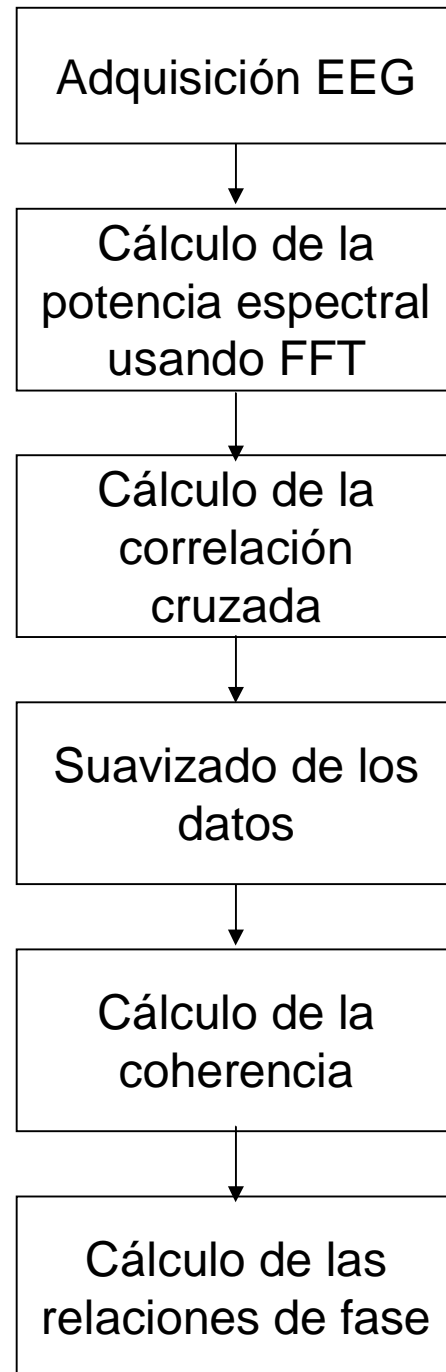
# Estacionariedad y ergodicidad

- n Se dice que una señal es estacionaria cuando la media y la correlación no varían en el tiempo.
- n Si además los valores obtenidos no dependen del momento en que se obtienen se dice que es ergódica.

$$m_x(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k(t_i)$$

$$R_{xx}(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k(t_i) x_k(t_i + t)$$

# EEG



# Transformada de Fourier

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp(-j2\pi ft) dt$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \exp(j2\pi ft) df$$

$$X_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_k \exp(-j2\pi kn/N)$$

$$x_n = \sum_{k=0}^{N-1} X_k \exp(j2\pi kn/N)$$

Densidad espectral

$$G_x(f) = \sum_{k=0}^{N-1} R_{xx}(k) e^{-j2\pi kf}$$

Cross-correlación

$$R_{xy}(t) = \frac{1}{N-t} \sum_{k=1}^{N-t} x(k) y(k+t)$$

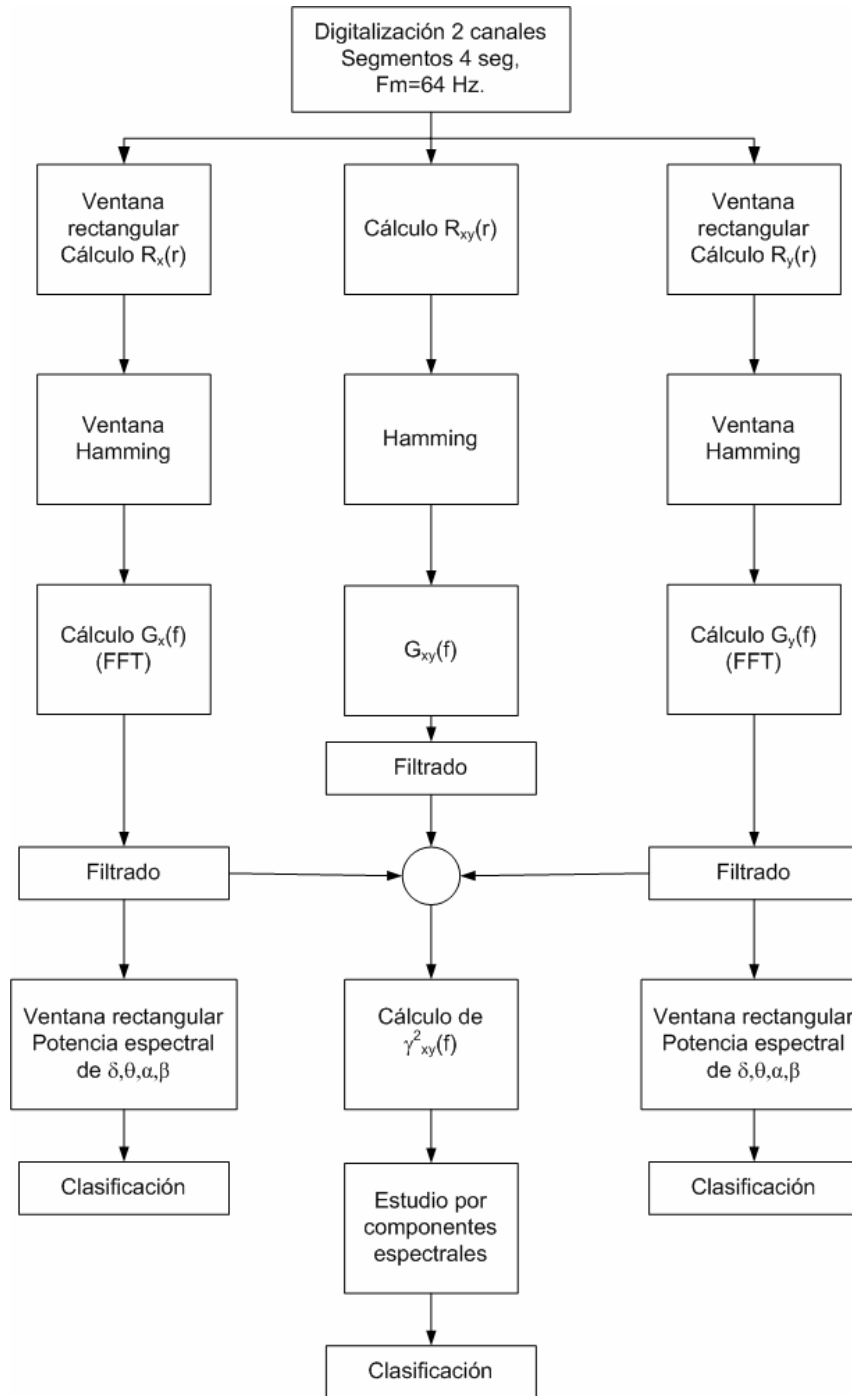
Cross-espectro

$$G_{xy}(f) = \sum_{k=0}^{N-1} R_{xy}(k) e^{-j2\pi fk}$$

Coherencia

$$g_{xy}^2 = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_x(f)G_y(f)}$$

# EEG



$$W(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2pn}{N}\right), & 0 < n < N - 1 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$y(nT) = \frac{1}{3} [x(nT) + x(nT - 1) + x(nT - 2)]$$



# EEG

