

Desarrollo de soluciones formativas innovadoras
en el campo de la valoración funcional centrada en
la actualización del currículo de las facultades
de ciencias de la salud



MÓDULO DE BIOMECÁNICA: FUNDAMENTOS DE LA BIOMECÁNICA
APLICADA AL SISTEMA LOCOMOTOR

Unidad Didáctica E: TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE
SEÑALES FISIOLÓGICAS Y PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y
MORFOMÉTRICOS

E.2. ¿Cuáles son las aplicaciones del análisis de señales fisiológicas?

La ciencia de datos (exploración y extracción de datos)

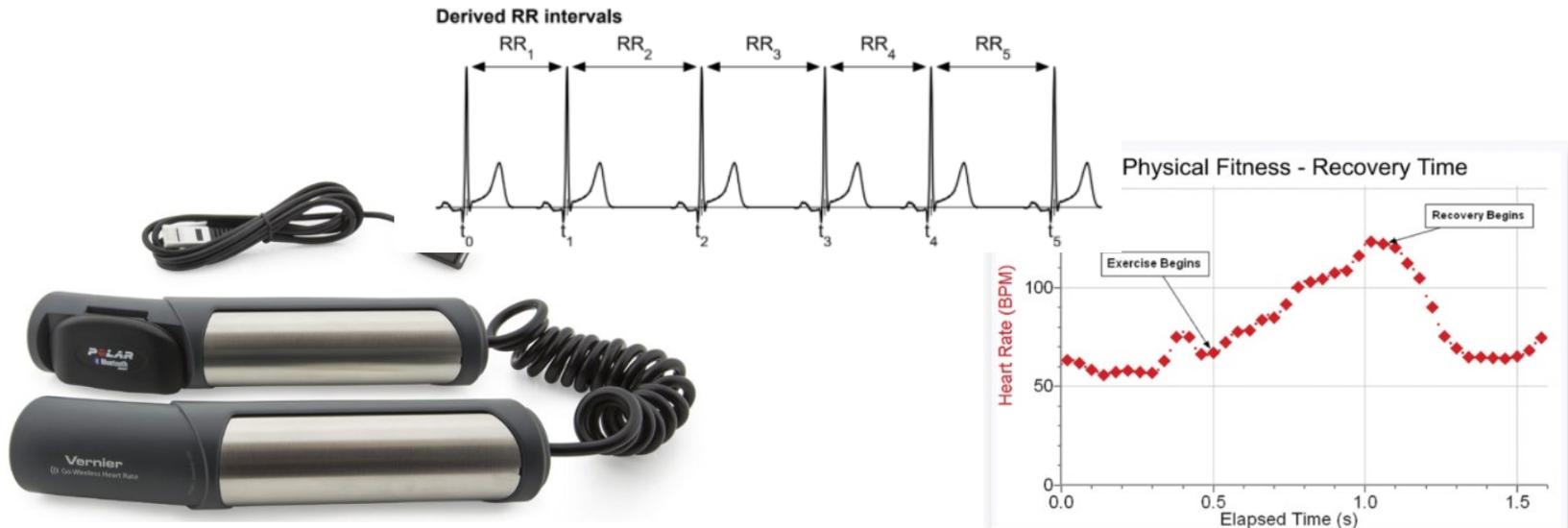
OBJETIVO: **es el nuevo “petróleo” del siglo XXI**
CONVERTIR DATOS DE ENTRADA BRUTOS EN CONOCIMIENTO Y SABIDURÍA

CÓMO:
Desarrollando métodos de EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS a partir de DATOS BRUTOS para preparar ALGORITMOS PREDICTIVOS (conjunto de REGLAS) basados en diferentes tipos de métodos: *matemáticos, estadísticos, inspirados en la biología (como las redes neuronales) o basados en un enfoque genético*, mediante la INFORMÁTICA y las tecnologías de la información a fin de encontrar dependencias significativas y cruciales en los grupos de datos para crear un SISTEMA DE APOYO A LAS DECISIONES.



Cálculo de la frecuencia cardíaca a partir de la señal ECG en base a intervalos RR y aplicación de sensores de agarre inteligentes

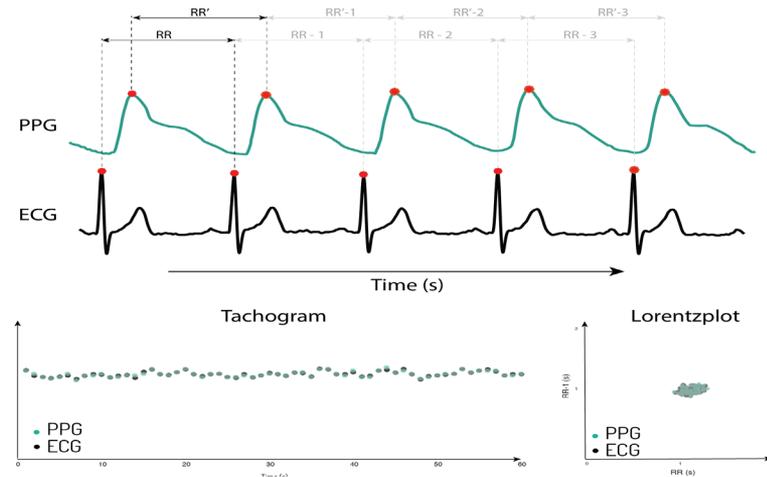
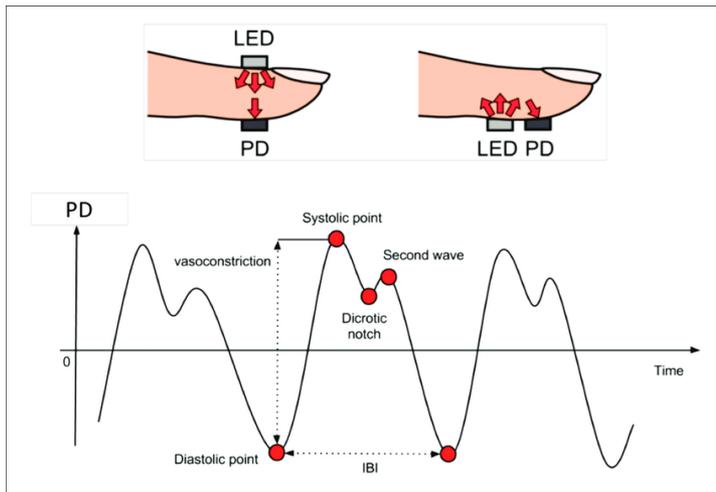
Registro de la frecuencia cardíaca fácil de usar para posterior análisis y visualización en el diagnóstico médico, el tratamiento o la evaluación de los progresos deportivos y físicos



Sensor de agarre para la frecuencia cardíaca ideal para monitorear de forma continua la frecuencia cardíaca antes, durante y después del ejercicio o en reposo

Cálculo de la frecuencia cardíaca a partir de la señal de onda de pulso PPG

Registro de la frecuencia cardíaca fácil de usar para el posterior análisis y visualización en el diagnóstico médico, el tratamiento o la evaluación de los avances deportivos y físicos



Sensor de agarre para la frecuencia cardíaca ideal para monitorear de forma continua la frecuencia cardíaca antes, durante y después del ejercicio o en reposo

Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que refleja de forma no invasiva el estado del SNC en un amplio espectro de aplicaciones

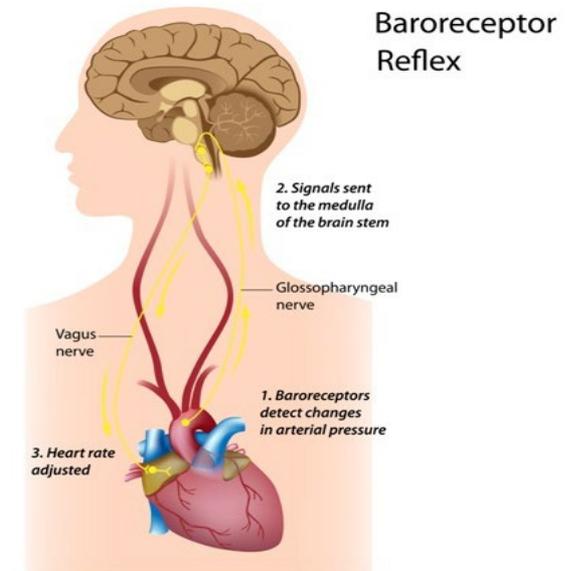
La frecuencia cardíaca la modula y controla el sistema nervioso autónomo (SNA), principalmente mediante el reflejo barorreceptor, por lo que su análisis proporciona de forma no invasiva información importante sobre el equilibrio simpático y parasimpático que es crucial para el estado del paciente.

A partir de la señal de la VFC se pueden obtener parámetros importantes sobre:

- I. El tiempo
- II. La frecuencia

Así como el resultado de análisis no-lineales como:

- III. Gráficas de Poincaré



Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en un amplio espectro de aplicaciones

I. Parámetros del dominio tiempo

Los métodos del dominio tiempo se derivan de los valores del intervalo RR latido a latido en el dominio tiempo. Las series de tiempo del intervalo RR incluyen N intervalos de latidos sucesivos.

El intervalo RR promedio (\overline{RR}) y la frecuencia cardíaca promedio (\overline{HR}) se definen entonces como:

$$\overline{RR} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N RR_n, \quad \overline{HR} = \frac{60}{\overline{RR}}$$

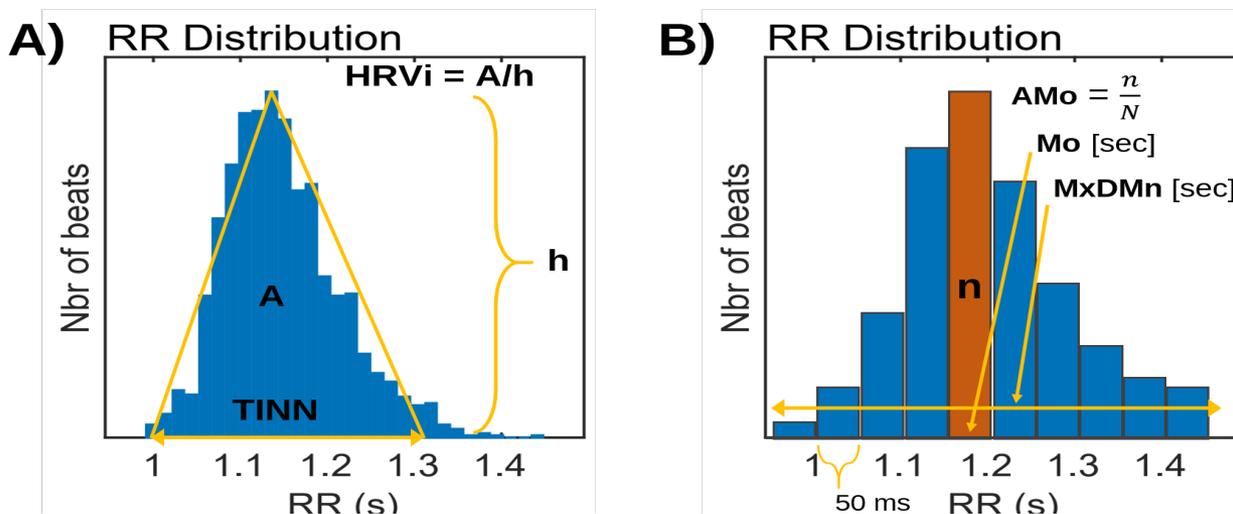
La medida de la variabilidad de la frecuencia cardíaca se define como la desviación típica de los intervalos RR (SDNN), definida como:

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (RR_n - \overline{RR})^2}$$

Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en un amplio espectro de aplicaciones

I. Parámetros del dominio tiempo

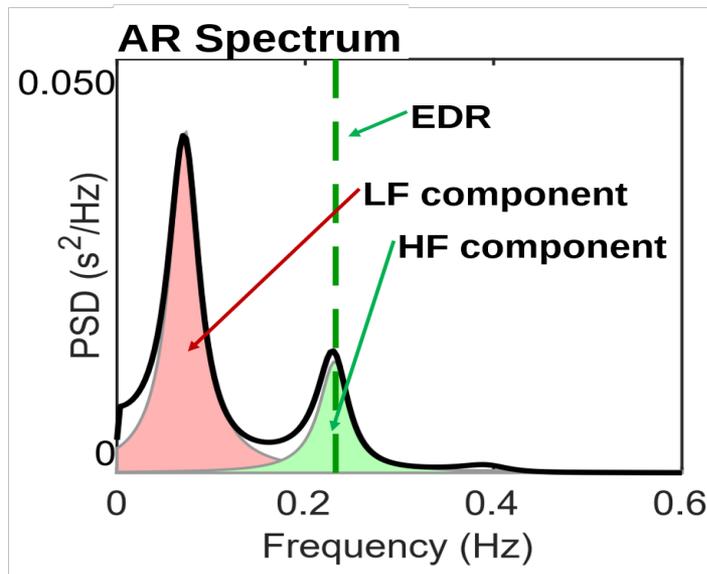
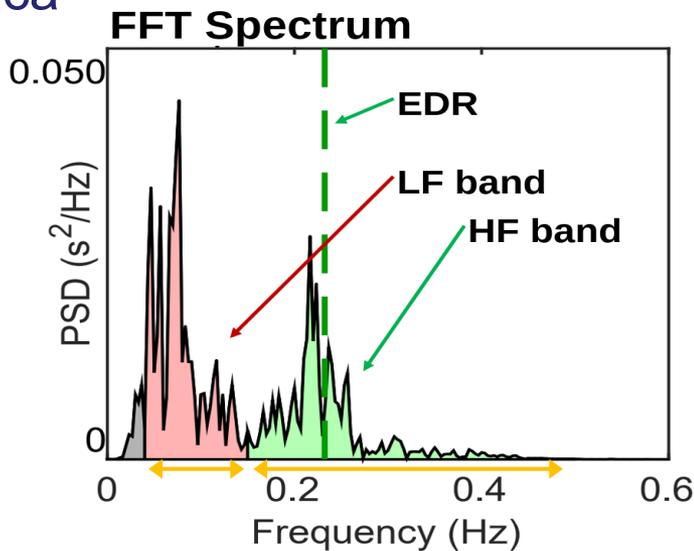
Además de las medidas estadísticas presentadas en la diapositiva anterior, hay algunas medidas geométricas que se calculan a partir de la distribución del histograma del intervalo RR.



- A) Índice triangular (HRVi) e interpolación triangular de los intervalos RR (TINN)
- B) Índice de estrés de Baevsky

Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en un amplio espectro de aplicaciones

II. Parámetros del dominio frecuencia a partir del espectro de frecuencia cardíaca



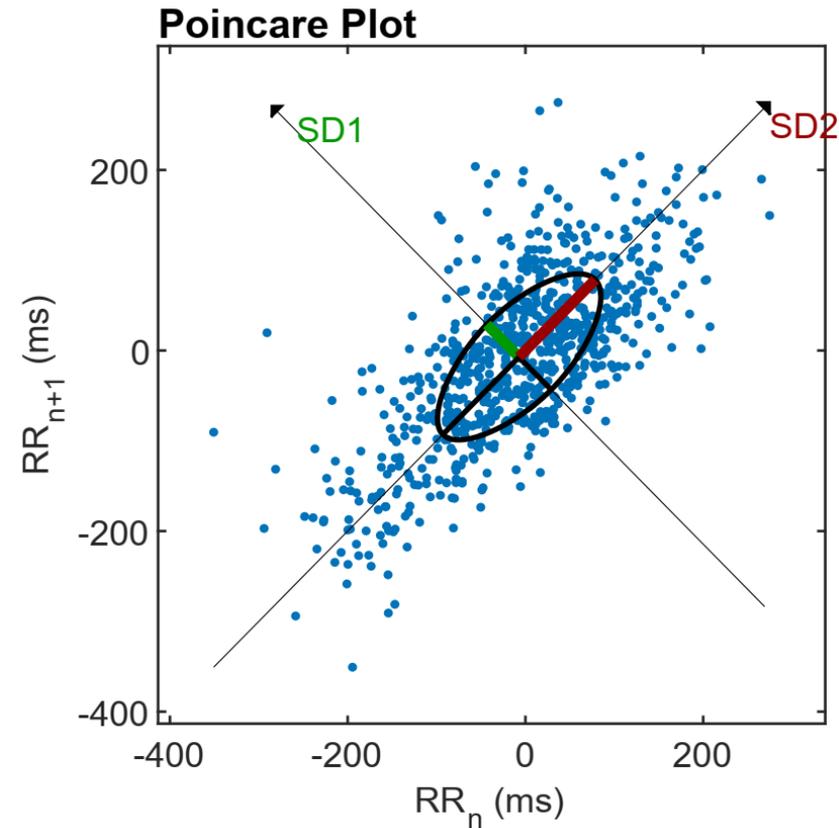
Las medidas del dominio frecuencia extraídas de una estimación del espectro para cada banda de frecuencia incluyen potencias absolutas y relativas de las bandas VLF, LF y HF, la potencia de las bandas LF y HF en unidades normalizadas, la relación de potencia LF/HF y las frecuencias pico para cada banda.

Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en un amplio espectro de aplicaciones

III. Análisis no lineal de la señal de la frecuencia cardíaca

Teniendo en cuenta los complejos sistemas de control del corazón, es razonable suponer que la regulación de la frecuencia cardíaca implica mecanismos no lineales. Las propiedades no lineales de la VFC se han analizado utilizando medidas como la gráfica de Poincaré.

Es una representación gráfica de la correlación entre intervalos RR sucesivos, es decir, la gráfica de RR_{n+1} como función de RR_n . La forma de la gráfica es esencial. Un enfoque habitual para parametrizar la forma es ajustar una elipse en la gráfica como muestra la figura.



Registro de la señal de electromiografía (EMG) y aplicaciones para análisis

Las señales de electromiografía (EMG) se pueden utilizar para:

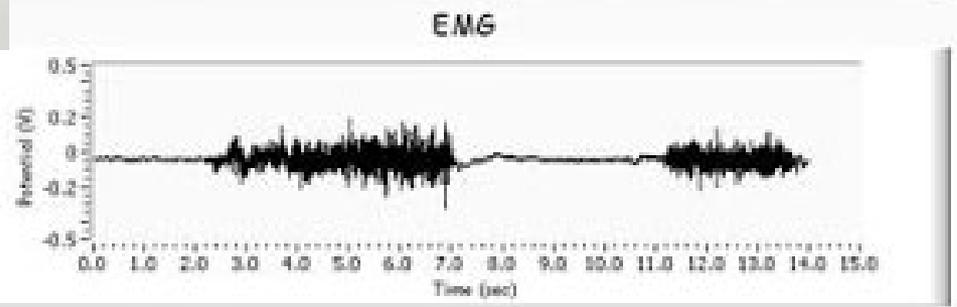
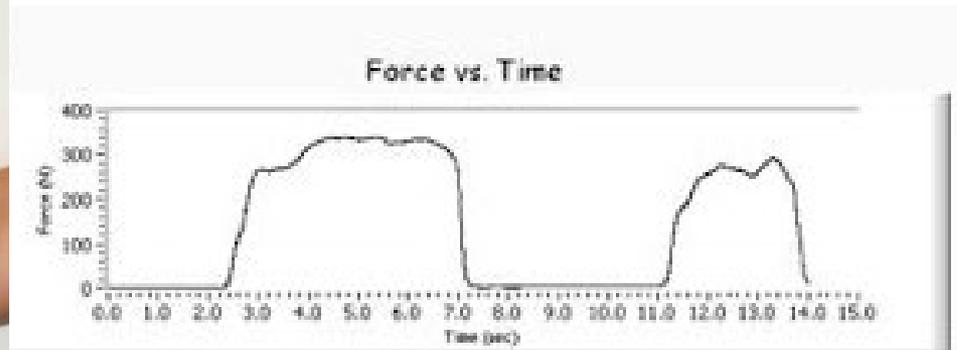
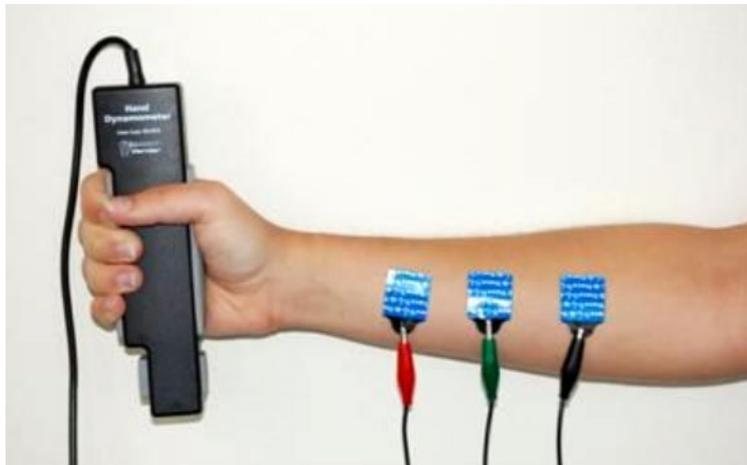
- Aplicaciones clínicas/biomédicas
- Desarrollo de chips de hardware evolutivo (EHW)
- Interacción persona-ordenador moderna (IPO), por ejemplo, en bioprótesis controladas por EMG

Las señales EMG adquiridas de los músculos requieren métodos avanzados de detección, descomposición, procesamiento y clasificación.



El dinamómetro de mano isométrico basado en galgas extensométricas se puede utilizar para medir la fuerza de agarre, la fuerza de pinza y para realizar estudios sobre fatiga muscular. Se puede utilizar con otros sensores (por ejemplo, el EKG) para estudiar la salud y la actividad muscular.

Registro sincronizado de la fuerza de la mano (sensor de agarre) y EMG, por ejemplo, para la evaluación de los avances de una rehabilitación



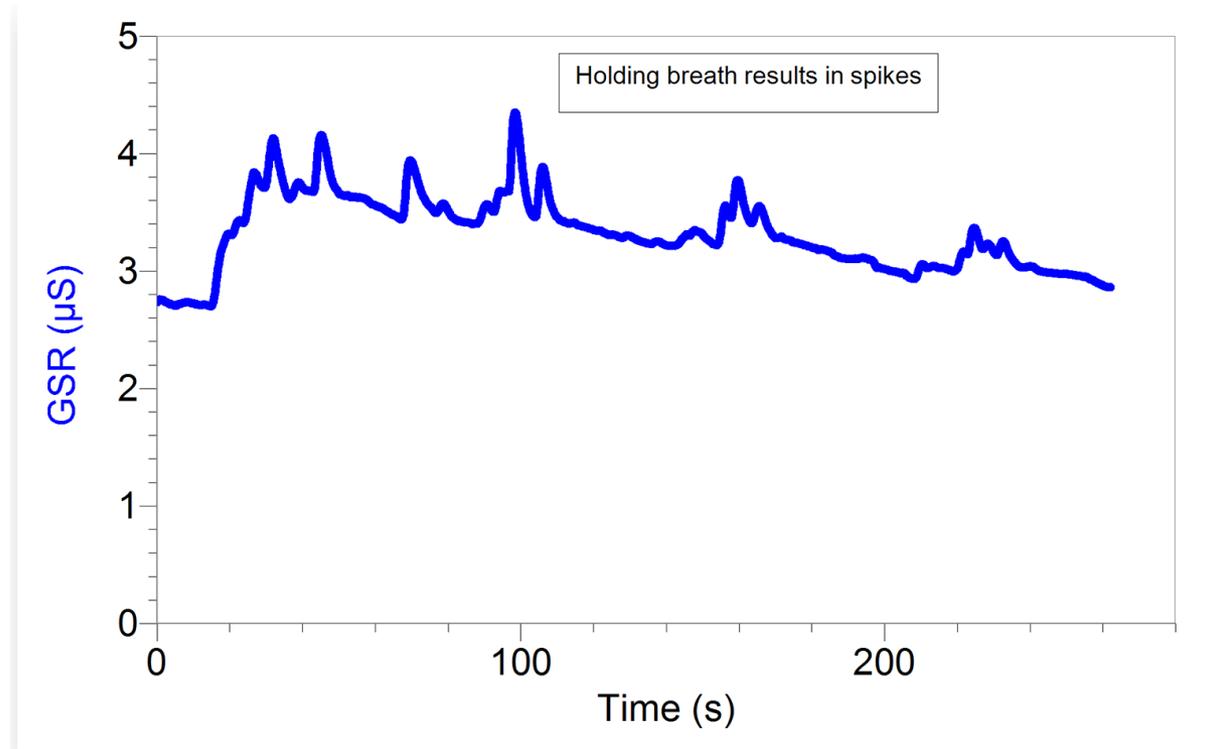
Length of Experiment (sec)

Sample Rate (samples/sec)

STOP Data Collection

Respuesta galvánica de la piel: aplicaciones

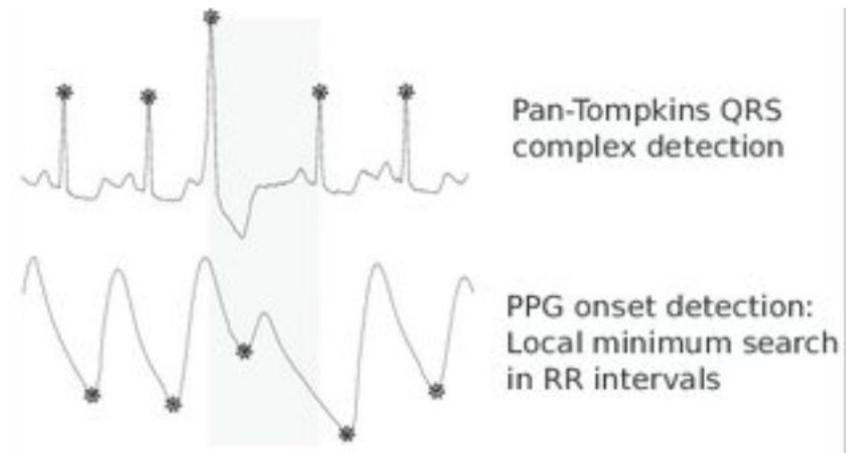
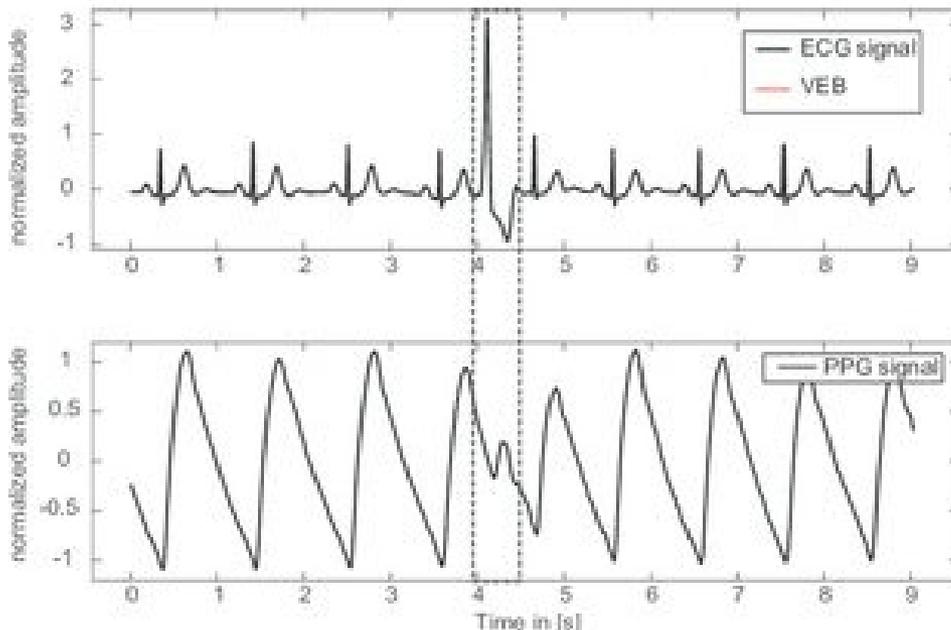
La respuesta galvánica de la piel mide el reflejo psicogalvánico. Genera un cambio en la conductividad de la piel durante períodos de estrés, excitación o shock. Se utiliza como medida de la actividad del sistema nervioso simpático. Puede monitorear cambios rápidos y lentos en la conductividad de la piel, lo que la hace ideal para estudios que impliquen shock, excitación y biofeedback.



Monitoriza la conductividad de la piel entre dos electrodos de lengüeta desechables que se colocan, por ejemplo, en dos dedos contiguos de la mano.

Redes de sensores corporales: registro sincronizado multimodal

Ejemplo de método multimodal rápido para la detección de latidos ectópicos aplicado al cálculo de la presión arterial basado en mediciones de la velocidad de onda de pulso en sensores *wearable*.

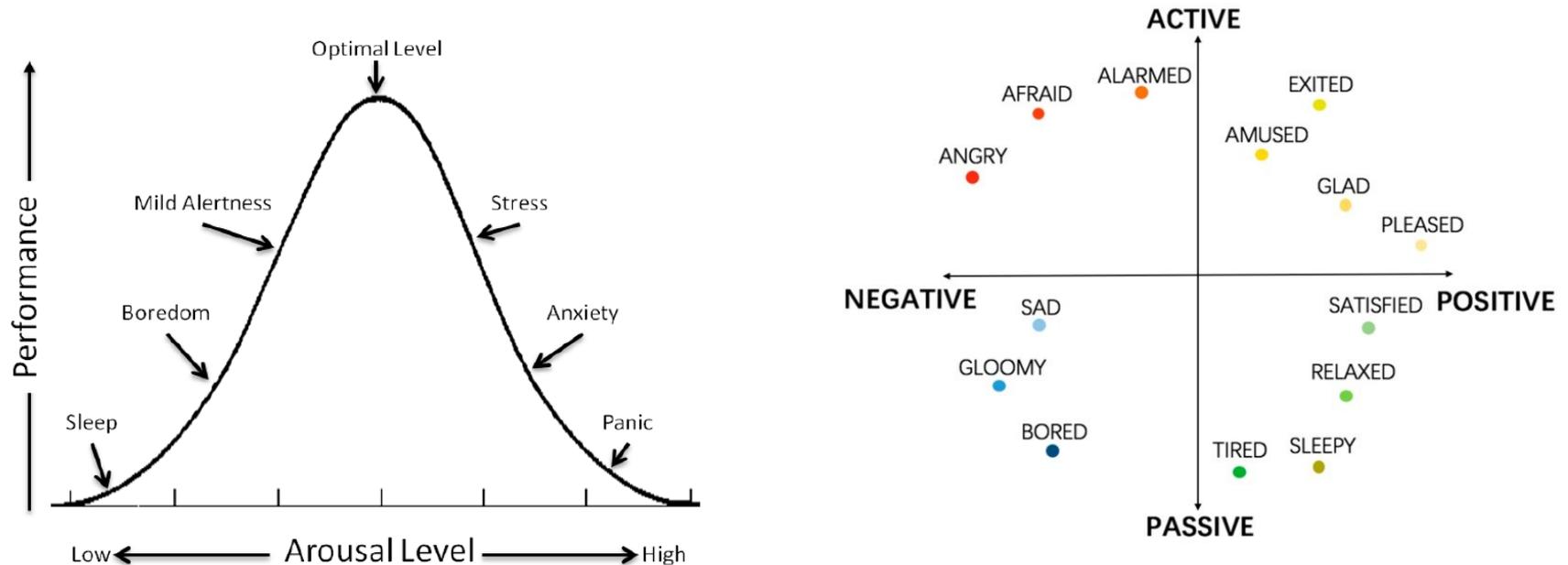


Métodos de procesamiento de señales digitales (DSP) para la extracción automática de características

Formas de onda sincronizadas de electrocardiografía (ECG) y fotopletimografía (PPG) que detectan un único latido ectópico ventricular prematuro

Redes de sensores corporales: ejemplo de un sistema complejo para el reconocimiento de emociones

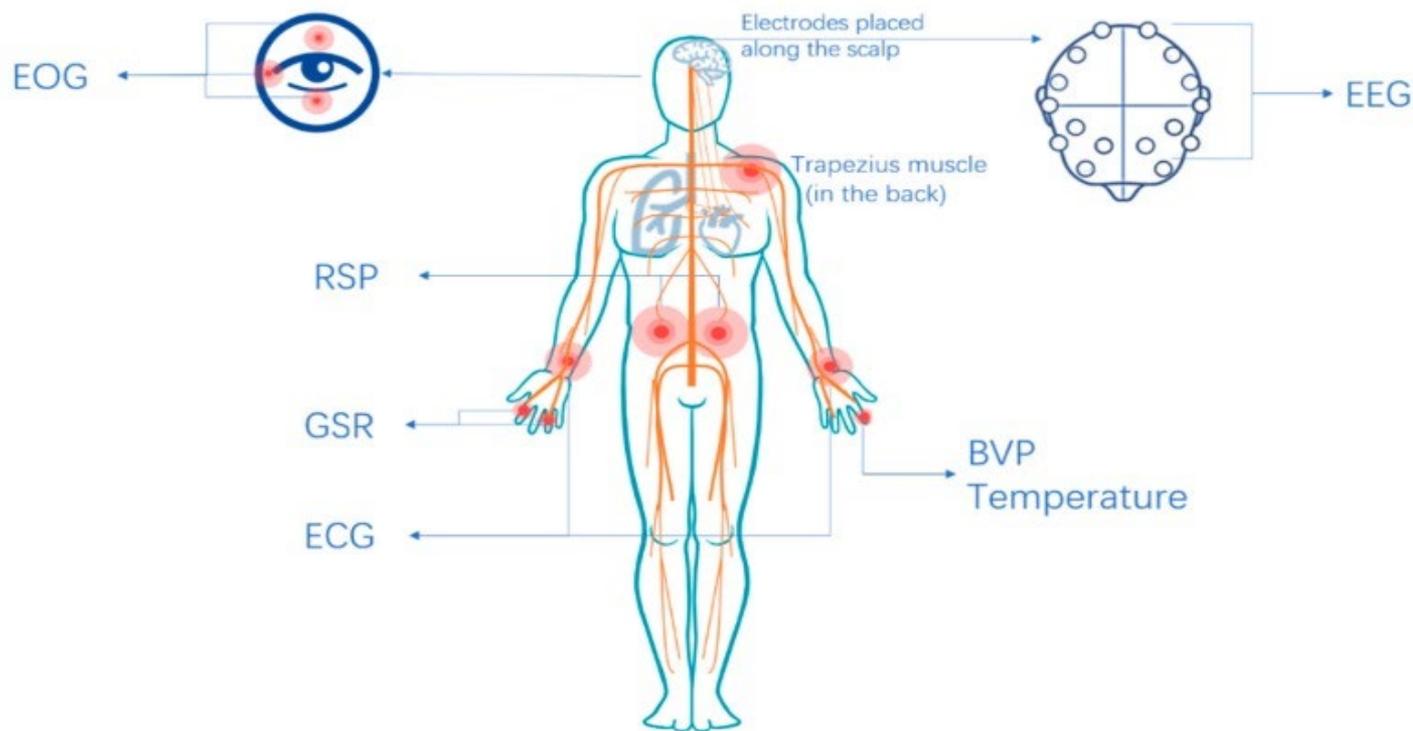
El estado emocional del ser humano depende de muchos factores, por lo que se han desarrollado sistemas multimodales que recopilan y procesan información de varios sensores diferentes.



Se muestra la relación entre rendimiento y excitación, y el modelo espacial 2D de las emociones.

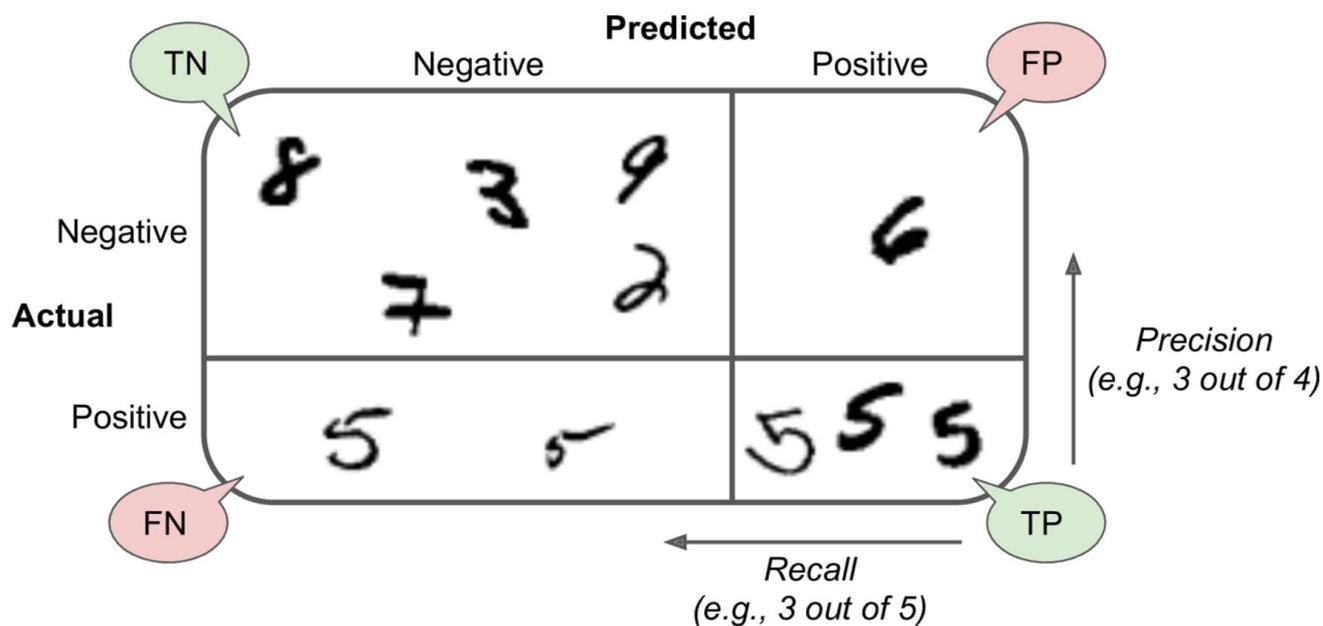
Redes de sensores corporales: ejemplo de un sistema complejo para el reconocimiento de emociones

Las investigaciones realizadas mostraron que la especificidad del sistema nervioso autónomo permite reconocer ciertas emociones mediante signos registrados a partir de señales psicológicas.



- EOG,
 - RSP,
 - GRS,
 - ECG,
 - EEG,
 - PS,
 - T
- son señales psicológicas que se utilizan en el sistema de razonamiento multimodal.*

Algunas sugerencias sobre cómo evaluar adecuadamente los resultados de la investigación realizada a través de la medida del rendimiento de un modelo de clasificación



La matriz de confusión muestra ejemplos de verdaderos negativos (arriba a la izquierda), falsos positivos (arriba a la derecha), falsos negativos (abajo a la izquierda) y verdaderos positivos (abajo a la derecha).

Matriz de confusión: medidas, indicadores

Matriz de confusión		Real			
		Positivo	Negativo		
Modelo	Positivo	a	b	Valor predictivo positivo	$a/(a+b)$
	Negativo	c	d	Valor predictivo negativo	$d/(c+d)$
		Sensibilidad	Especificidad	Precisión = $(a+d)/(a+b+c+d)$	
		$a/(a+c)$	$d/(b+d)$		

A menudo es conveniente combinar sensibilidad y especificidad en una métrica única llamada puntuación F1

$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{\text{precisión}} + \frac{1}{\text{sensibilidad}}} = 2 \times$$

$$\frac{\text{precisión} \times \text{sensibilidad}}{\text{precisión} + \text{sensibilidad}} = \frac{VP}{VP + \frac{FN + FP}{2}}$$



El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

