

## TEMA 1

### – INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE PERCEPCIÓN –

- 1.1.- Conceptos básicos
- 1.2.- Sistemas sensoriales para la percepción
- 1.3.- Etapas del proceso de percepción
- 1.4.- Campos de aplicación

### ➤ ¿QUÉ ES LA PERCEPCIÓN?

#### ❖ Real Academia Española – PERCEPCIÓN:

- ☐ ‘Sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos’.
- ☐ ‘Recibir por uno de los sentidos las imágenes, impresiones o sensaciones externas’.
- ☐ ‘Acción y efecto de comprender o conocer algo’.

#### ❖ Percepción humana:

- ☐ Capacidad de recibir información del mundo exterior, comprenderla y reaccionar ante ella.
  - Capacidad de adquisición de información del entorno (sentidos).
  - Capacidad de procesamiento de una información “bruta” potencialmente infinita.
  - Capacidad de interpretar esa información.

### ➤ PERCEPCIÓN ARTIFICIAL

#### ➤ OBJETIVO:

→ Dotar a maquinas de algún tipo de *percepción artificial*, *que* se ‘den cuenta’ de lo que sucede a su alrededor.

#### ➤ REALIDAD:

→ Hay que asumir que un sistema de percepción artificial es una primera aproximación a la percepción humana, íntimamente relacionada con la capacidad de comprender.

→ Alcanzar las capacidades de la percepción humana se encuentra todavía muy lejos de nuestras posibilidades tecnológicas, incluso en ambientes controlados.

#### ➤ IMPACTO EN LA SOCIEDAD / INDUSTRIA:

→ El tipo de percepción artificial que podemos conseguir en la actualidad se centra en la detección de propiedades interesantes del entorno, procesarla para llevar a cabo determinadas acciones de interés en una determinada aplicación.

→ Esta capacidad no es despreciable: nos permite desarrollar aplicaciones prácticas con un impacto cada vez mayor.

### ➤ SISTEMAS DE PERCEPCIÓN

⇒ **SISTEMA:** Entidad formada por un conjunto de elementos que guardan entre sí una relación de influencia.

⇒ **PERCEPCIÓN:** Adquisición de información mediante los sentidos.

⇒ **SISTEMAS DE PERCEPCIÓN:** conjunto de elementos para la adquisición y procesamiento de información del entorno mediante sensores que emulan los sentidos.

### ➤ APLICACIÓN:

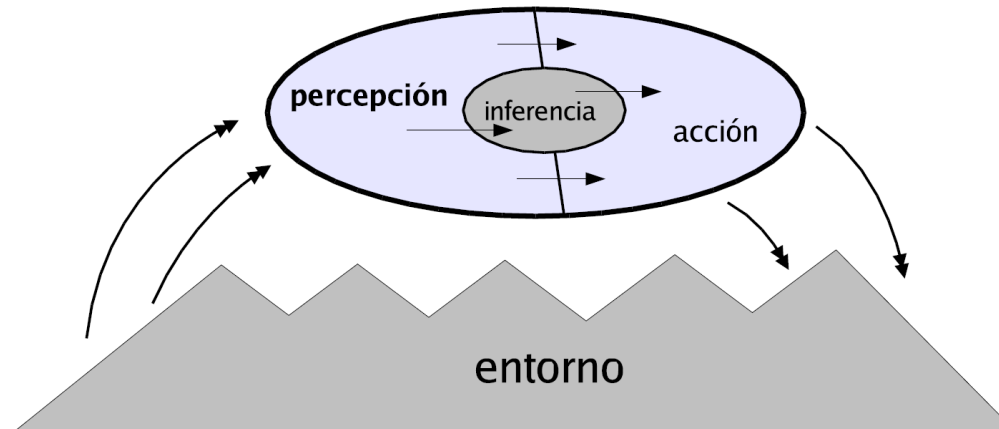
⇒ **Automatización de procesos:** permite a procesos automáticos tener la capacidad de tomar decisiones en función de la información del entorno proporcionada por los sensores.

### ➤ SISTEMA DE PERCEPCIÓN ARTIFICIAL

⇒ **ETAPA DE DETECCIÓN DE PROPIEDADES DEL ENTORNO** → **SENSORES**: captan magnitudes físicas de interés.

⇒ **ETAPA DE PERCEPCIÓN**: obtener, y mantener, una representación adecuada del entorno.

⇒ **ETAPA DE DECISIÓN-ACCIÓN**: el sistema “decidirá” la acción oportuna de acuerdo con sus objetivos.



### ➤ ETAPA DE DETECCIÓN DE PROPIEDADES DEL ENTORNO:

⇒ **Sensor:** transductor que convierte alguna magnitud física característica de algún fenómeno físico en señales eléctricas.

→ Dispositivos capaz de medir una magnitud física: transforma variables físicas (ej. Ondas sonoras, temperatura atmosférica, intensidad de la luz, ...) en señales eléctricas, de tensión o corriente, que varían con el tiempo .

⇒ **Sensores para percepción:** tratan de emular los sentidos humanos.

→ **Vista: cámaras** → Sistemas de visión por computador.

→ **Oído: micrófonos** → Sistemas de reconocimiento de habla.

→ **Tacto: sensores de contacto** (caracterizar un objeto mediante un contacto directo)

- **Sensores propioceptivos:** utilizados para captar posiciones y orientaciones propias (potenciómetros, codificadores ópticos.
- **Sensores exteroceptivos:** percepción de aspectos externos, utilizados para captar propiedades de los objetos como la temperatura, presión posición, orientación, tamaño... (sensores de distancia, proximidad...)

→ **Olfato: sensores olfativos** → Detección de sustancias, explosivos...

### ➤ ETAPA DE DETECCIÓN DE PROPIEDADES DEL ENTORNO:

#### ⇒ Sensores para percepción:

##### → Sensores de distancia:

- ❑ **Ultrasonido:** tecnología de medida activa en donde se emite una señal ultrasónica en forma de pulso, para posteriormente recibir el reflejo de la misma o eco. Se pueden explotar diferentes aspectos de la señal reflejada: el tiempo de vuelo o la atenuación.
- ❑ **Infrarrojo y láser:** a través de estos sensores se pueden estimar las distancias a las que se encuentran los objetos en el entorno. Diferentes métodos:
  - **Triangulación:** usa relaciones geométricas entre el rayo de salida, el de entrada y la posición del sensor.
  - **Tiempo de vuelo:** mide el tiempo que transcurre desde que sale el rayo de luz hasta que se recibe, después de haber rebotado en un objeto.

##### → Sensores de proximidad (indica la presencia de un objeto dentro de un intervalo de distancia especificado):

- ❑ **Inductivos:** basados en un cambio de inductancia debido a la presencia de un objeto metálico.
- ❑ **Sensores de efecto Hall:** relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material (por sí solos, sólo detectan objetos magnetizados; en conjunción con un imán permanente, pueden detectar la proximidad de cualquier material ferromagnético).
- ❑ **Capacitivos:** capaces de detectar todos los materiales sólidos y líquidos (no sólo los ferromagnéticos como los anteriores), se basan en la detección de un cambio en la capacidad inducido por una superficie que se lleva cerca del elemento sensor.

##### → Sensores de posicionamiento, orientación, movimiento:

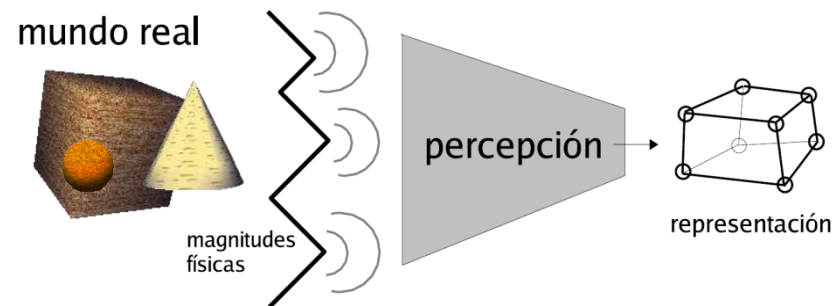
- ❑ **GPS, brújula, giroscopio, encoders, sensores de velocidad, acelerómetros...**

### ➤ ETAPA DE PERCEPCIÓN:

⇒ **Objetivo:** procesar la información que suponen las magnitudes físicas medidas del entorno y obtener una representación del mismo que encuentre sus aspectos relevantes para el objetivo del problema.

→ La percepción trabaja a partir de *estímulos*, que no son más que medidas de las magnitudes físicas. Los seres vivos codifican los estímulos mediante impulsos nerviosos; en los computadores se digitalizan y convierten a variables numéricas.

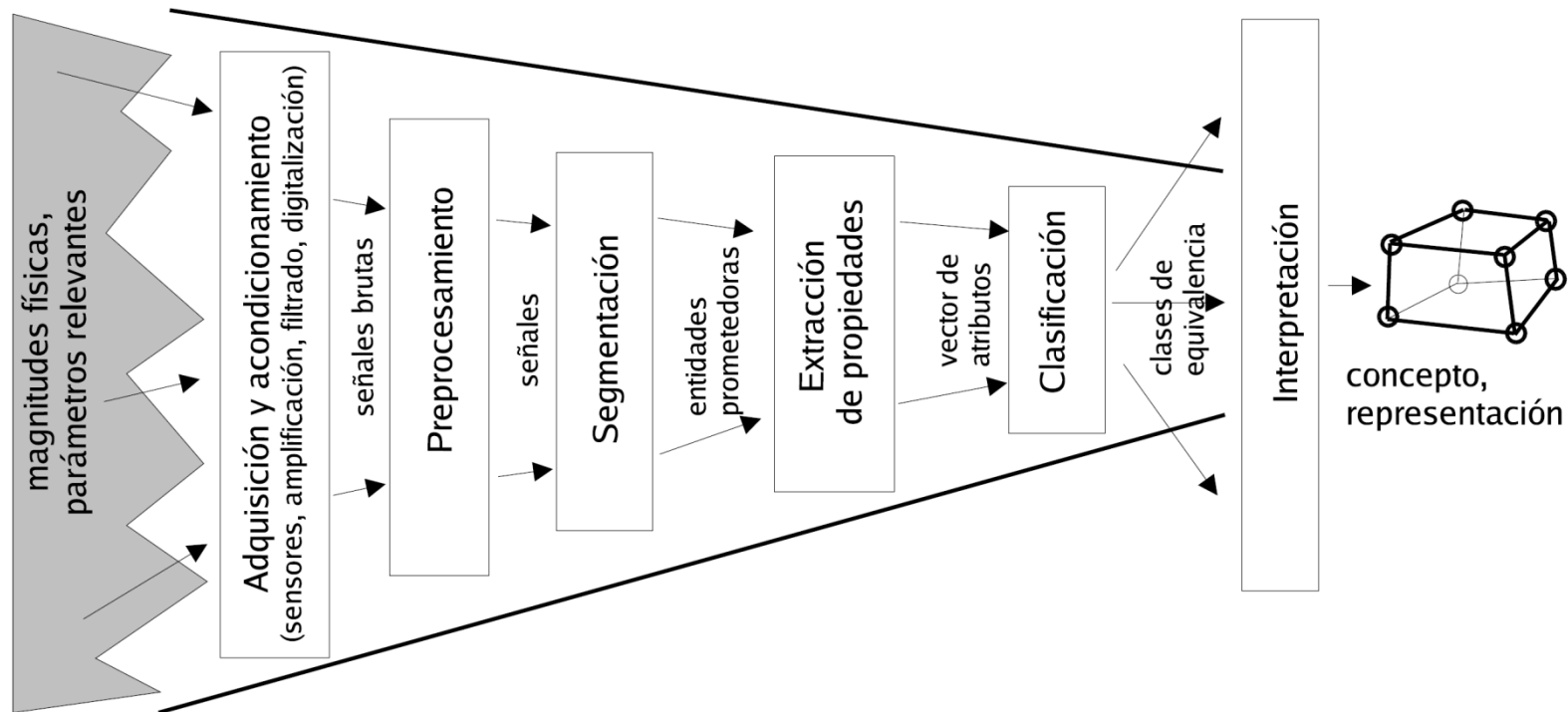
→ Los estímulos son información bruta, sin elaborar, contaminados con ruido, con elementos irrelevantes... Se recibe un flujo continuo de miles o millones de bits por segundo que se deben reorganizar y procesar para extraer las propiedades de interés (gran esfuerzo computacional – la representación debe mantenerse “actualizada” en tiempo real).





### ➤ DISEÑO PRÁCTICO DE SISTEMAS DE PERCEPCIÓN REALES:

⇒ Son de gran utilidad las técnicas de *Reconocimiento de Patrones (Pattern Recognition)*: Técnicas encaminadas a detectar regularidades en los datos con el objetivo de clasificarlos dentro de un conjunto de categorías de interés. Descomponen la etapa perceptual en el siguiente conjunto de etapas típicas:



### ➤ ETAPAS TÍPICAS DE UN SISTEMA PERCEPCIÓN BASADO EN RECONOCIMIENTO DE MODELOS:

⇒ **ADQUISICIÓN:** Las magnitudes físicas (sonidos, imágenes, etc.) se transforman mediante sensores en señales eléctricas que una vez filtradas, amplificadas y digitalizadas pueden procesarse en el computador.

⇒ **PREPROCESAMIENTO:** A menudo es conveniente mejorar la calidad de los datos originales (p.ej., para eliminar ‘ruido’ o entidades irrelevantes). En otros casos interesa transformarlos a una representación más adecuada para su tratamiento matemático (p.ej., el dominio frecuencial es útil en el análisis de la voz).

⇒ **SEGMENTACIÓN:** Sirve para encontrar dentro del flujo de información los elementos individuales que parecen estar dotados de significado. La segmentación puede ser de tipo temporal, cuando se aíslan fragmentos de la secuencia de datos sensoriales recibidos a lo largo del tiempo (p.ej. microfonemas en análisis de voz), o espacial, cuando el conjunto de datos recibidos en un cierto instante contiene varias posibles subunidades relevantes (p.ej. objetos de una escena o partes de un objeto).

⇒ **EXTRACCIÓN DE PROPIEDADES:** En esta etapa se calculan propiedades (atributos, características) de cada entidad segmentada que deben ser, idealmente, discriminantes de las diferentes clases de interés e invariantes a todas sus posibles versiones (p. ej. cambios en posición, tamaño, orientación, intensidad de color, timbre o velocidad de la voz, etc.). Un conjunto de propiedades de mala calidad produce un solapamiento de clases y por tanto una gran probabilidad de error en la clasificación.

### ➤ ETAPAS TÍPICAS DE UN SISTEMA PERCEPCIÓN BASADO EN RECONOCIMIENTO DE MODELOS:

#### ⇒ CLASIFICACIÓN:

→ En esta etapa se decide la categoría más probable (dentro de un conjunto preestablecido) a que pertenece cada observación sensorial elemental caracterizada por su vector de propiedades.

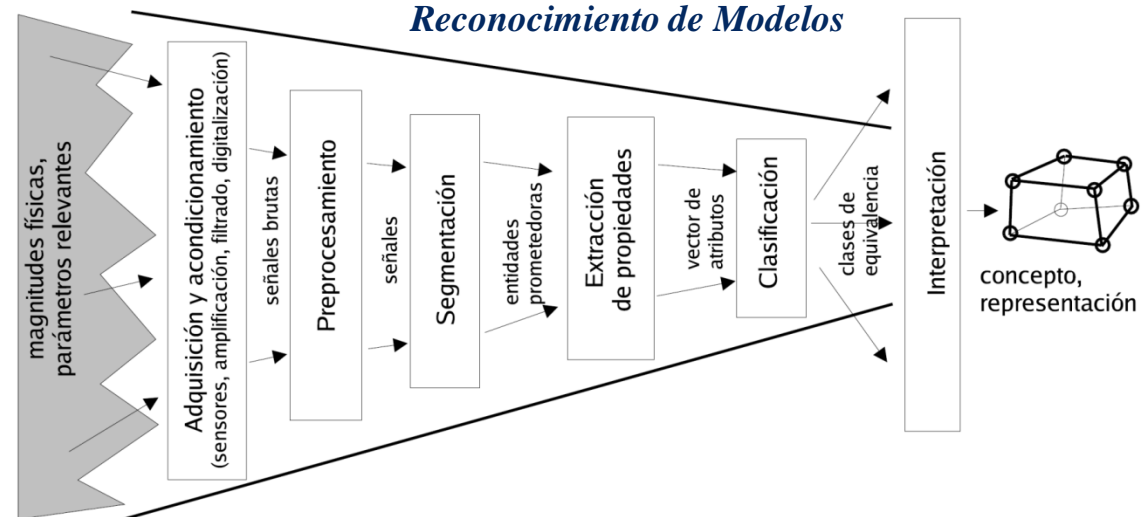
→ La clasificación tiene un planteamiento matemático bien definido (Teoría de la Decisión, enfoque probabilístico-estadístico, enfoque basado en la optimización de funciones discriminantes). Además, cuando el conjunto de propiedades obtenidas en la etapa anterior es suficientemente discriminante, la complejidad de esta etapa se reduce sensiblemente. En caso contrario, un diseño correcto del clasificador contribuiría, al menos, a disminuir la proporción de errores.

⇒ **INTERPRETACIÓN:** Los conceptos elementales obtenidos en la etapa anterior se organizan en una estructura espacio-temporal requerida por la aplicación. Los algoritmos que se implementan en esta etapa suelen basarse en algún tipo de búsqueda heurística que trata de evitar la explosión combinatoria de interpretaciones alternativas. En problemas de percepción de bajo nivel esta etapa no suele ser necesaria.

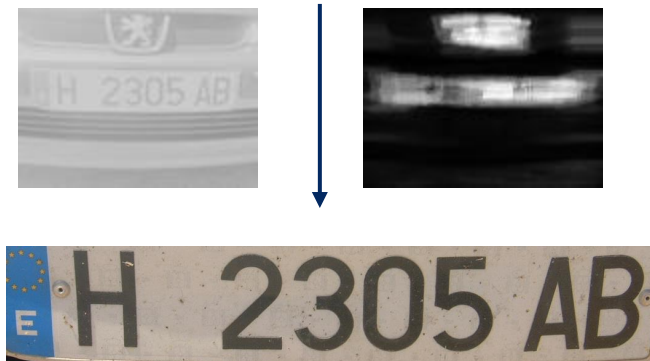
## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

### ➤ DISEÑO PRÁCTICO DE SISTEMAS DE PERCEPCIÓN REALES:

**ADQUISICIÓN, PREPROCESAMIENTO, SEGMENTACIÓN**



**H 2305 AB**

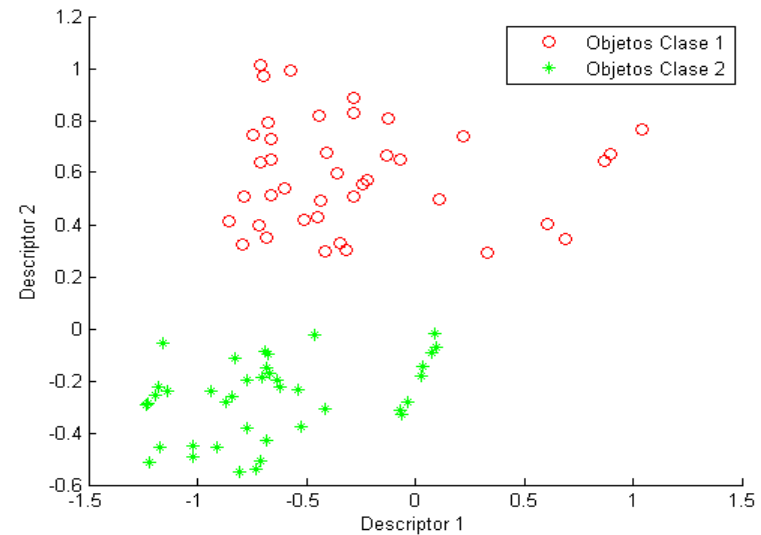
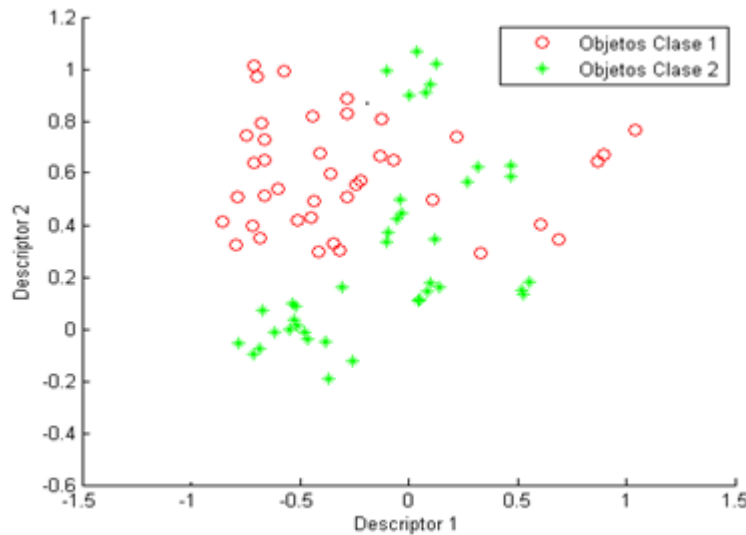
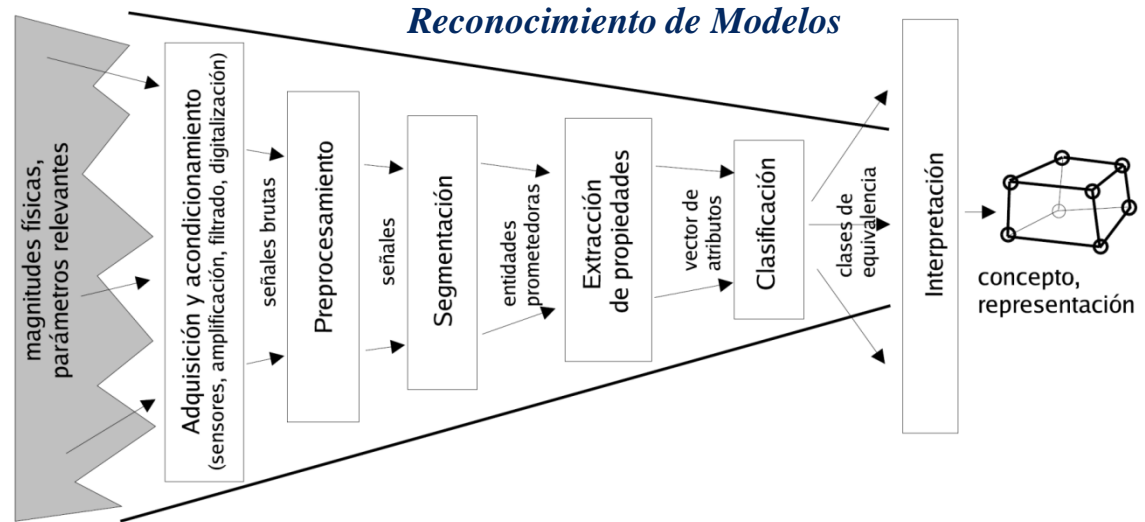
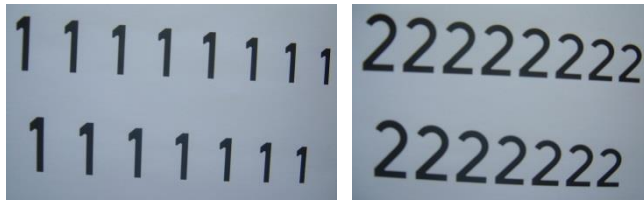


# TEMA 1 – INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE PERCEPCIÓN

## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

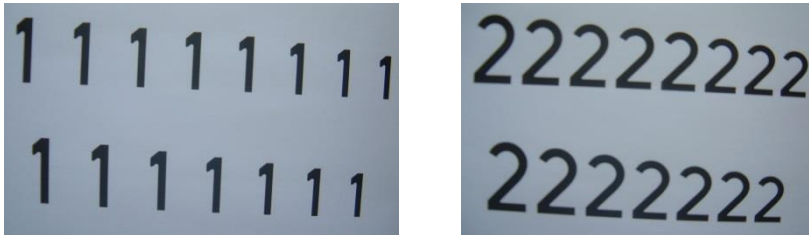
### ➤ DISEÑO PRÁCTICO DE SISTEMAS DE PERCEPCIÓN REALES:

#### EXTRACCIÓN DE PROPIEDADES Y CLASIFICACIÓN



### ➤ DISEÑO PRÁCTICO DE SISTEMAS DE PERCEPCIÓN REALES:

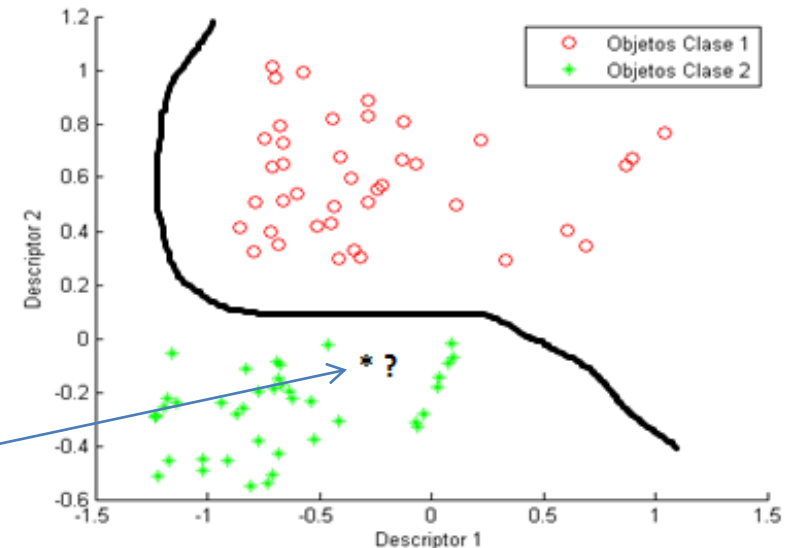
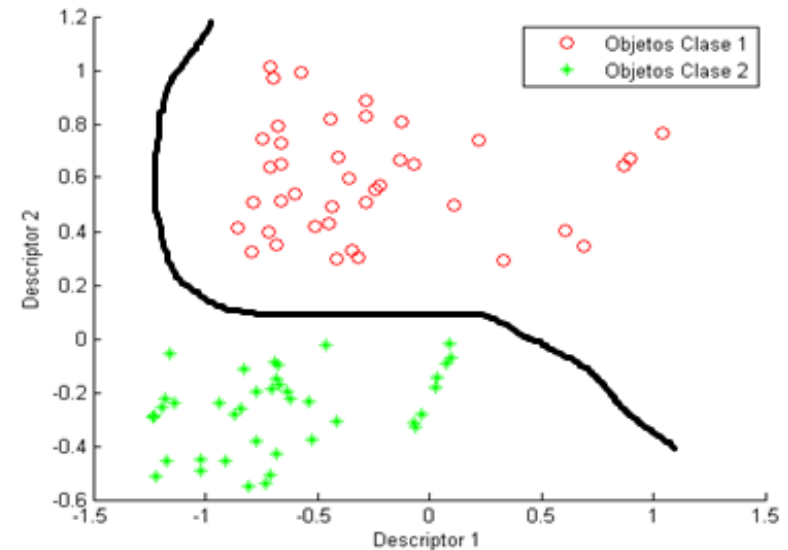
#### DISEÑO DEL CLASIFICADOR



#### RECONOCIMIENTO: APLICACIÓN DEL CLASIFICADOR



Medida de Descriptor 1 y 2

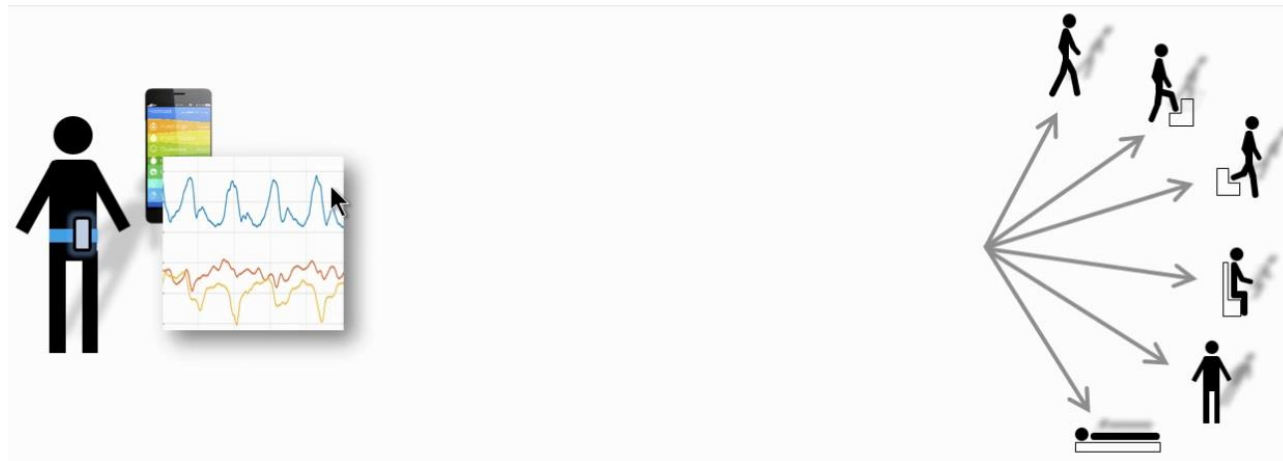




➤ **EJEMPLO: DETECCIÓN ACTIVIDAD FÍSICA DE UNA PERSONA A PARTIR DE DATOS DE SENSORES DE UN MÓVIL (ACELERÓMETRO , GIROSCOPIO)**

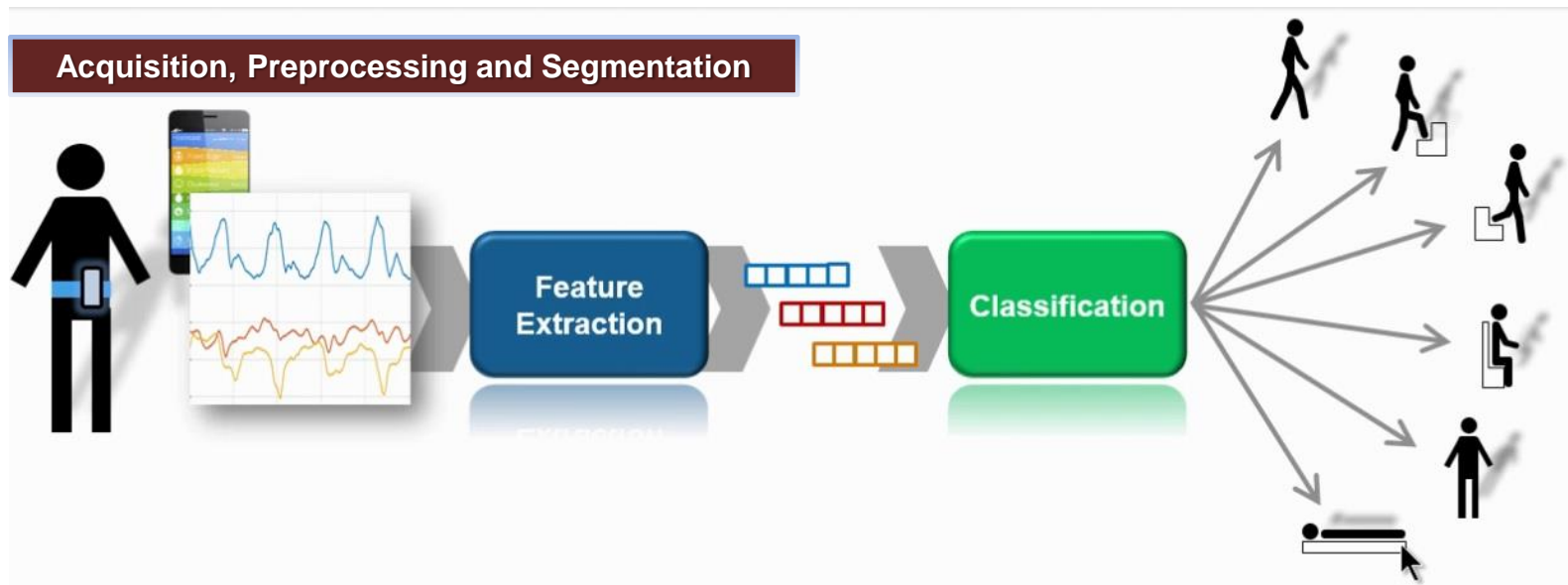
⇒ **OBJETIVO:** adquirir datos de sensores (en nuestro ejemplo, acelerómetro y giroscopio) y procesarlos para reconocer la actividad física de una persona:

- ❑ **Estar andando, subiendo escaleras, bajando escaleras, estar sentado, de pie o tumbado.**



➤ **EJEMPLO: DETECCIÓN ACTIVIDAD FÍSICA DE UNA PERSONA A PARTIR DE DATOS DE SENSORES DE UN MÓVIL (ACELERÓMETRO , GIROSCOPIO)**

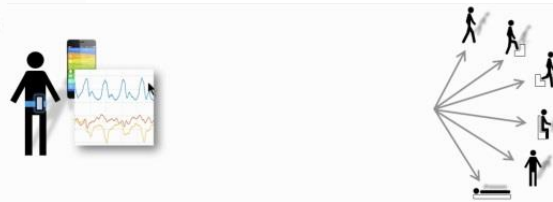
**ENFOQUE: Aplicación de técnicas de Reconocimiento de Patrones basadas en Clasificación**






### ► EJEMPLO: DETECCIÓN ACTIVIDAD FÍSICA DE UNA PERSONA A PARTIR DE DATOS DE SENSORES DE UN MÓVIL (ACELERÓMETRO y/o GIROSCOPIO)

**Objective:** Train a classifier to classify human activity from sensor data

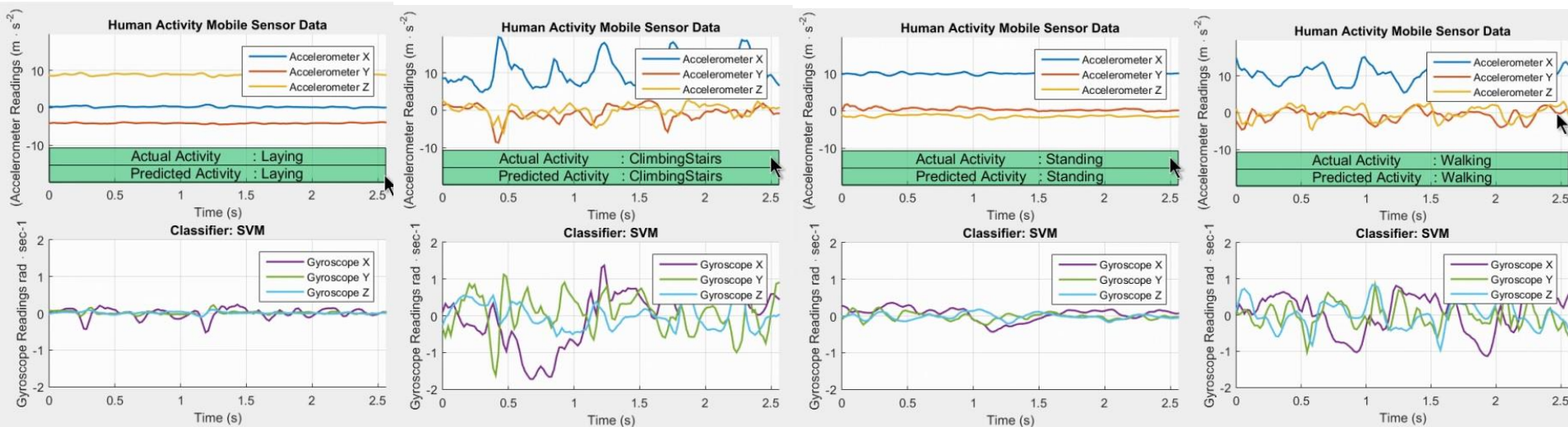


**Data:**

Predictors	3-axial Accelerometer and Gyroscope data 
Response	Activity: 

**Approach:**

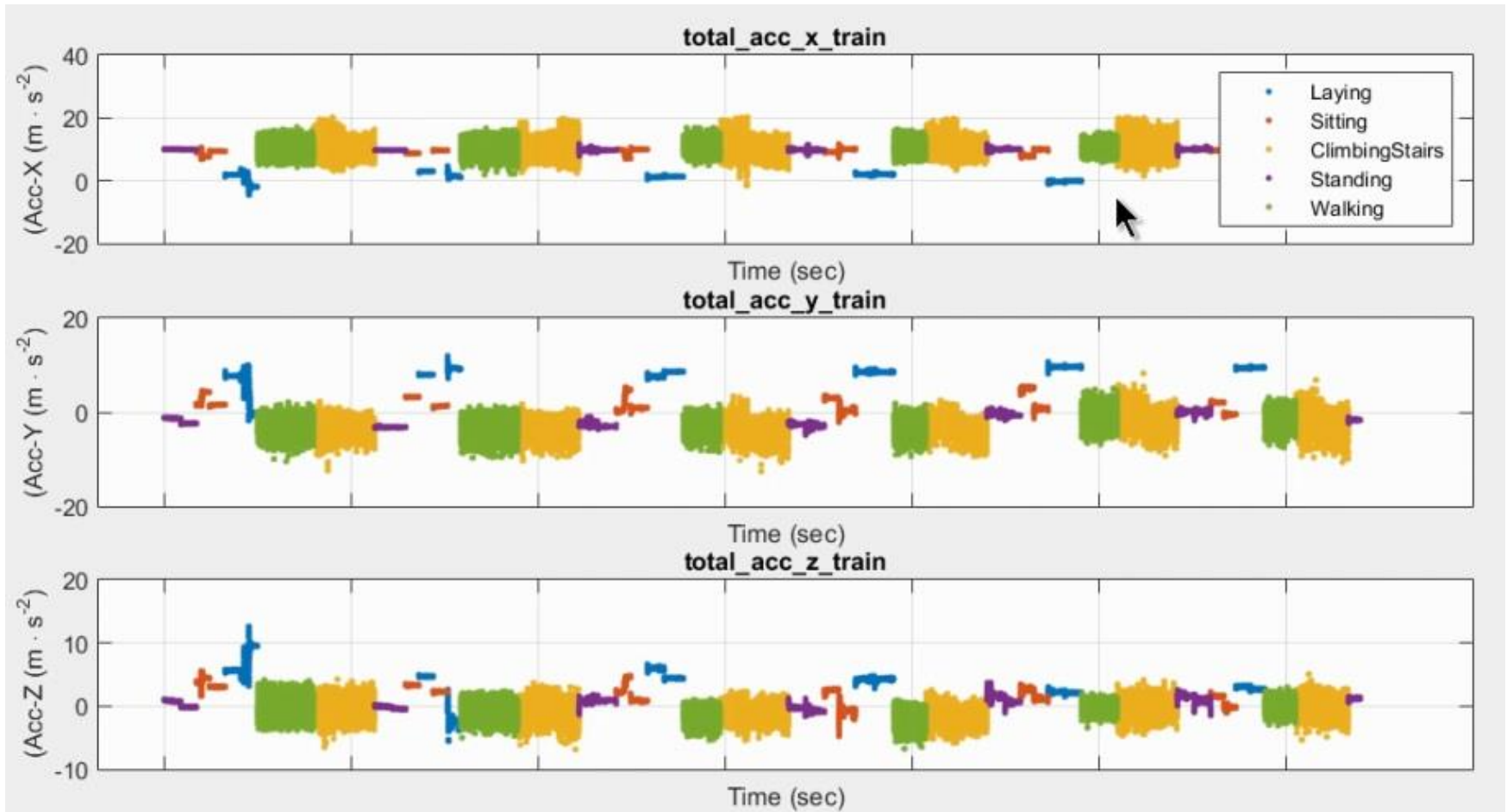
- Extract features from raw sensor signals
- Train and compare classifiers
- Test results on new sensor data



## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

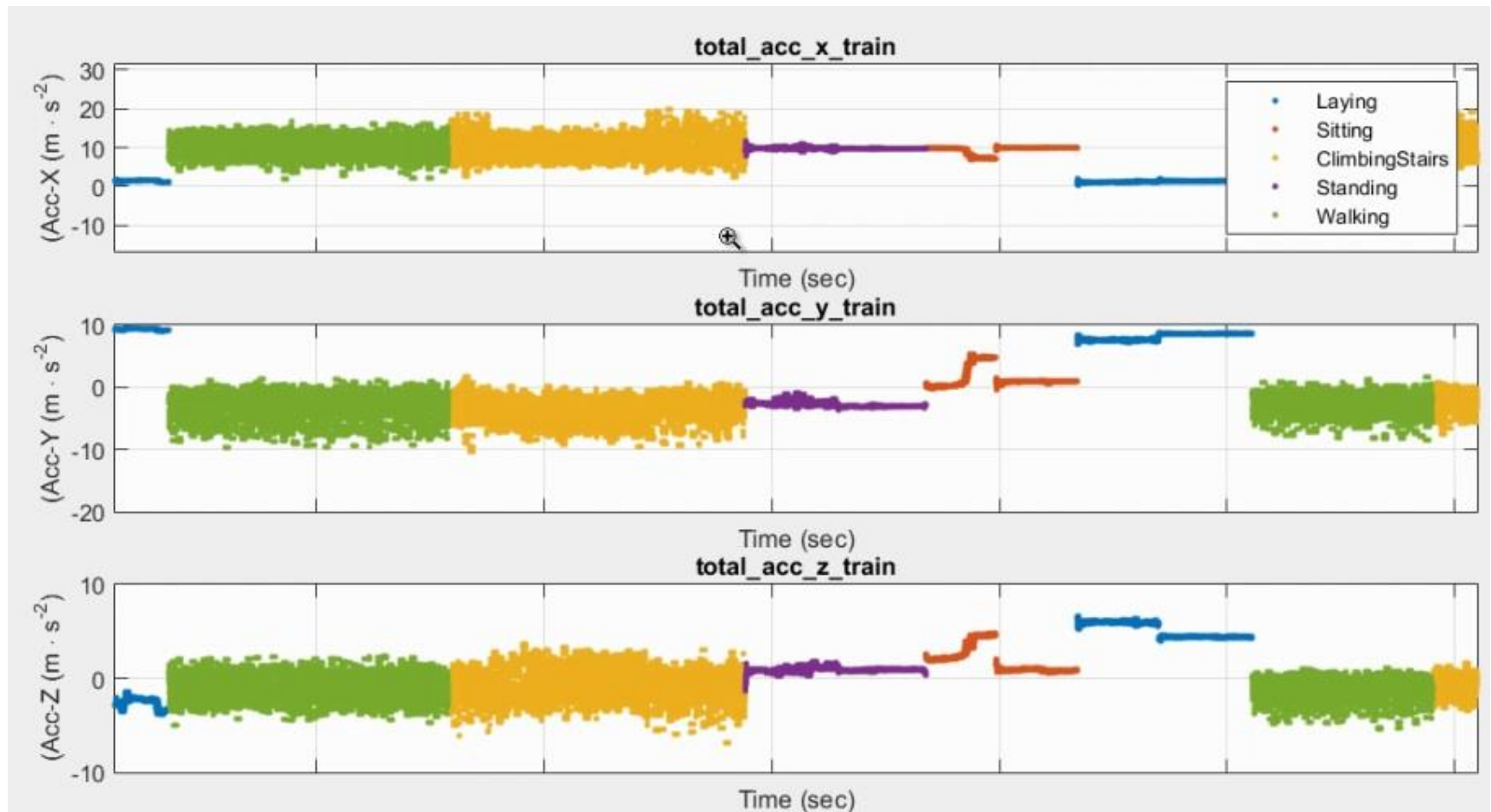
## TRAINING:

1.- Generación y preparación de datos de los sensores para las distintas actividades que se quieran predecir (datos de entrenamiento: datos de salida conocida): Ejemplo de datos sin procesar para las tres salidas del acelerómetro



**TRAINING:**

1.- Generación datos de los sensores para las distintas actividades que se quieran predecir (datos de entrenamiento: datos de salida conocida). Ejemplo de datos sin procesar (zoom de la gráfica anterior)

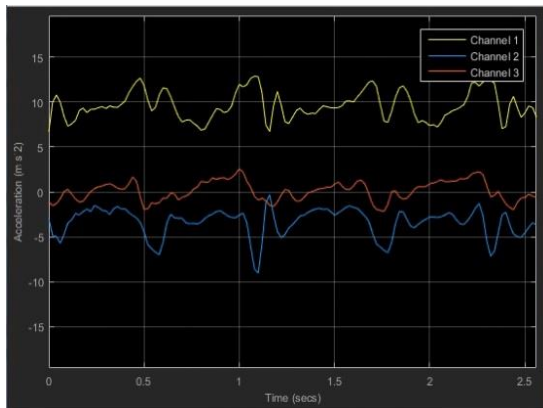


## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

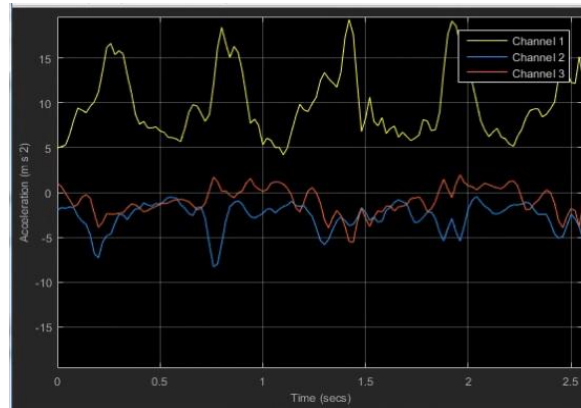
### TRAINING:

**1.- Generación y preparación de datos de los sensores para las distintas actividades que se quieran predecir (datos de entrenamiento: datos de salida conocida). Procesamos los datos originales:** 6 conjuntos (1 conjunto para cada señal de datos, 3 del acelerómetro y 3 del giroscopio) de 7352 Muestras de 2.56 segundos, muestreadas a 50 Hz, lo que equivale a 128 datos por muestra (datos cada 20 ms), de las distintas actividades contempladas.

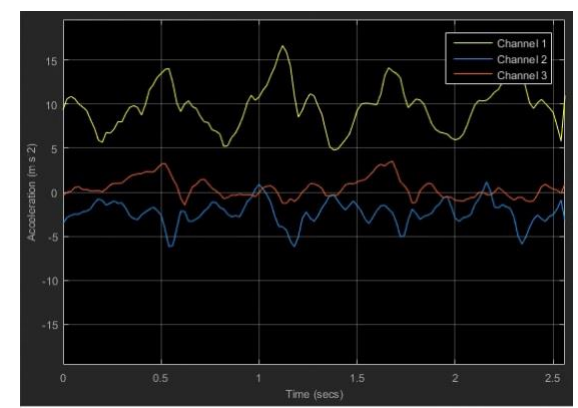
**Ejemplos de una muestra de datos adquiridos por el acelerómetro del móvil para cada tipo de actividad física**



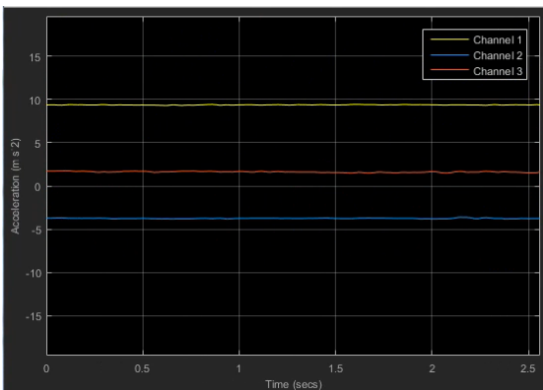
**Caminando**



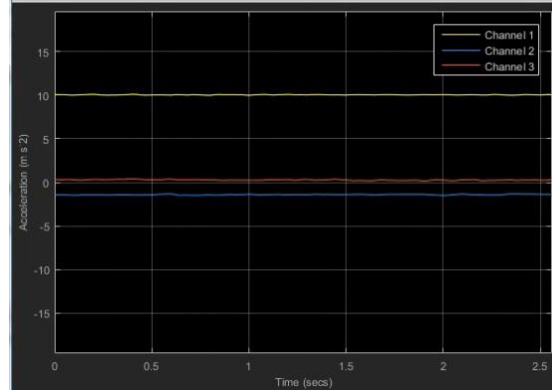
**Bajando Escaleras**



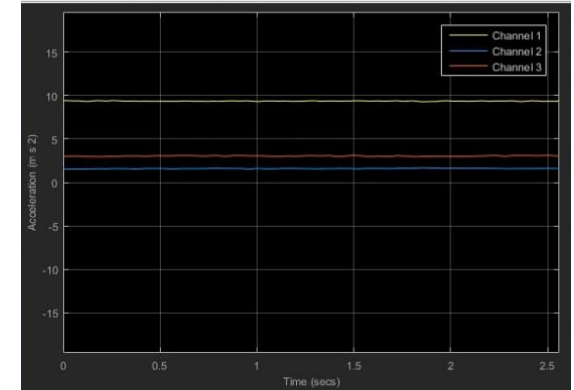
**Subiendo Escaleras**



**Estar de pie**



**Estar tumbado**



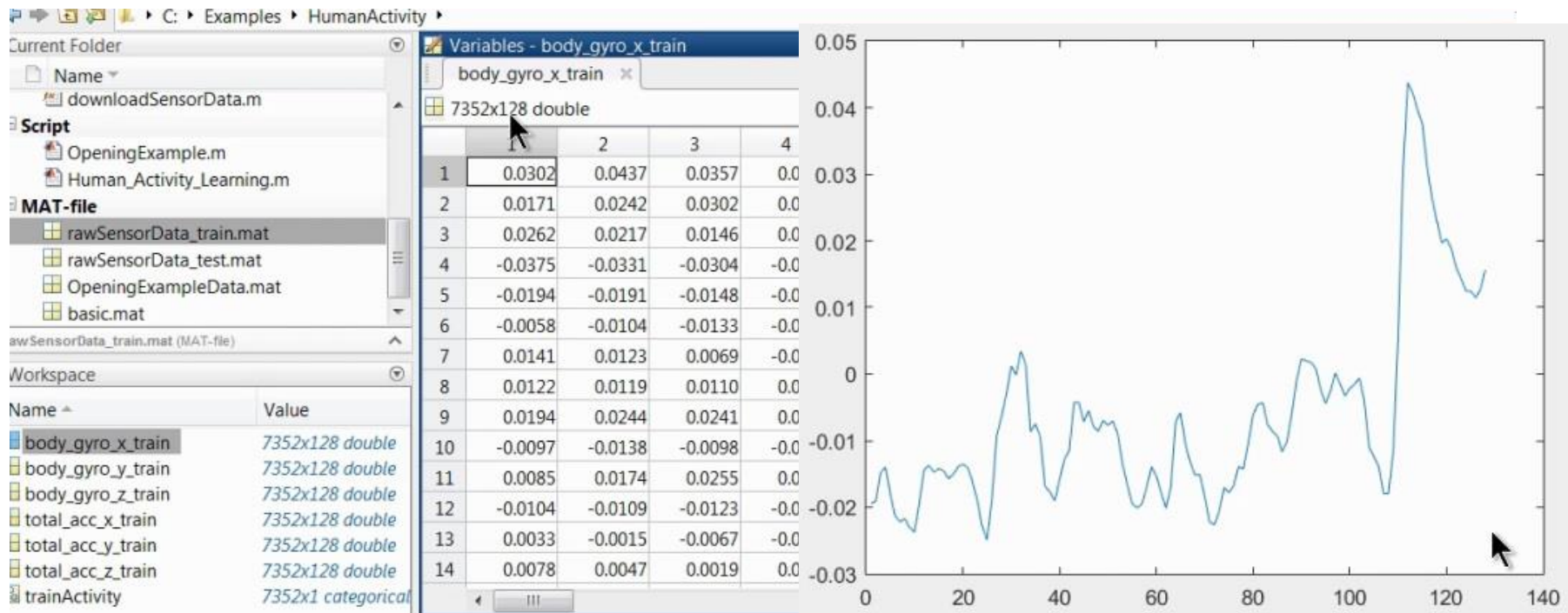
**Estar Sentado**



## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

### TRAINING:

**1.- Generación y preparación de datos de los sensores para las distintas actividades que se quieran predecir (datos de entrenamiento: datos de salida conocida). Procesamos los datos originales:** 6 conjuntos (1 conjunto para cada señal de datos, 3 del acelerómetro y 3 del giroscopio) de 7352 Muestras de 2.56 segundos, muestreadas a 50 Hz, lo que equivale a 128 datos por muestra (datos cada 20 ms), de las distintas actividades contempladas. Ejemplo de formato de datos.



## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

### TRAINING:

**2.- Extracción y selección de características de cada muestra** (6 conjuntos de 7352 muestras, cada una con 128 datos, correspondientes a las distintas actividades contempladas):

- Selección de características: 12 características basadas en el cálculo de la media y desviación típica de cada muestra
- Conjunto de datos de training (entrenamiento) → 12 valores que caracterizan cada una de las 7352 muestras (2 características para caracterizar muestras de 6 señales distintas, 3 del acelerómetro y 3 del giroscopio) cuya actividad física es conocida
- Ejemplo: Conjunto de entrenamiento correspondiente a las 6 primeras muestras de la actividad física *estar de pie*:

	1	2	3	4	5	6
	Wmean_total_acc_x_train	Wmean_total_acc_y_train	Wmean_total_acc_z_train	Wmean_body_gyro_x_train	Wmean_body_gyro_y_train	Wmean_body_gyro_z_train
1	1.0193	-0.1243	0.0997	0.0223	0.0194	0.0095
2	1.0194	-0.1229	0.0969	0.0119	-0.0043	0.0063
3	1.0199	-0.1250	0.0929	-0.0041	-0.0126	0.0043
4	1.0203	-0.1305	0.0877	-0.0162	-0.0077	-3.5190e-04
5	1.0203	-0.1302	0.0850	-0.0065	-1.6644e-04	-0.0040
6	1.0202	-0.1263	0.0858	-0.0011	0.0018	-0.0032

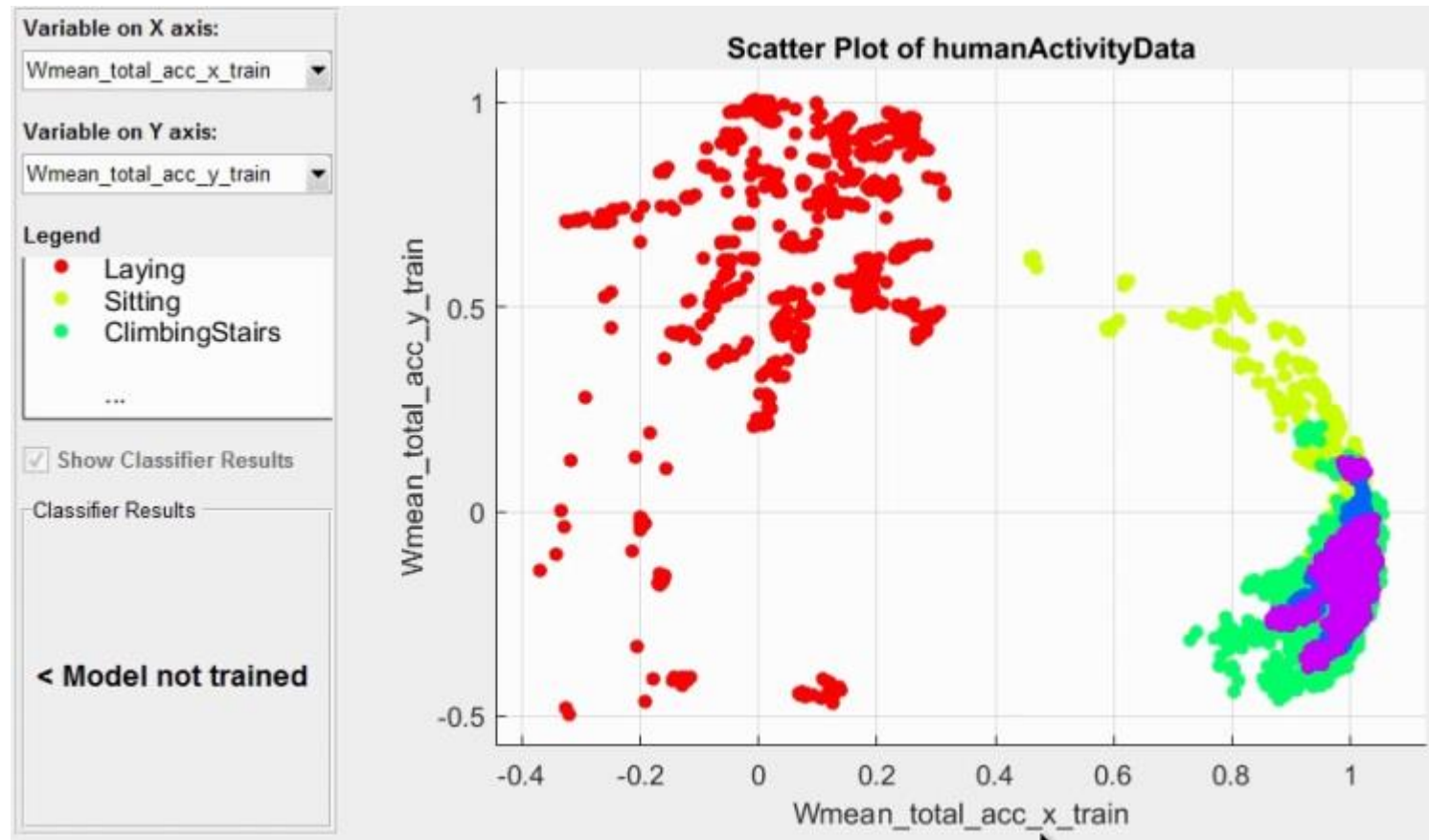
7	8	9	10	11	12	activity
Wstd_total_acc_x_train	Wstd_total_acc_y_train	Wstd_total_acc_z_train	Wstd_body_gyro_x_train	Wstd_body_gyro_y_train	Wstd_body_gyro_z_train	
0.0018	0.0033	0.0040	0.0145	0.0199	0.0060	Standing
0.0019	0.0049	0.0049	0.0164	0.0104	0.0075	Standing
0.0029	0.0065	0.0062	0.0223	0.0069	0.0088	Standing
0.0026	0.0040	0.0050	0.0092	0.0078	0.0082	Standing
0.0020	0.0039	0.0037	0.0146	0.0078	0.0083	Standing
0.0023	0.0042	0.0039	0.0146	0.0080	0.0104	Standing

## TRAINING:

## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

**2.- Extracción y selección de características de cada muestra** (12 características, valores numéricos, calculados para las 7352 muestras de actividad física conocida):

- Representación de las dos primeras características de los datos. Cada color refleja los datos de una determinada actividad física.

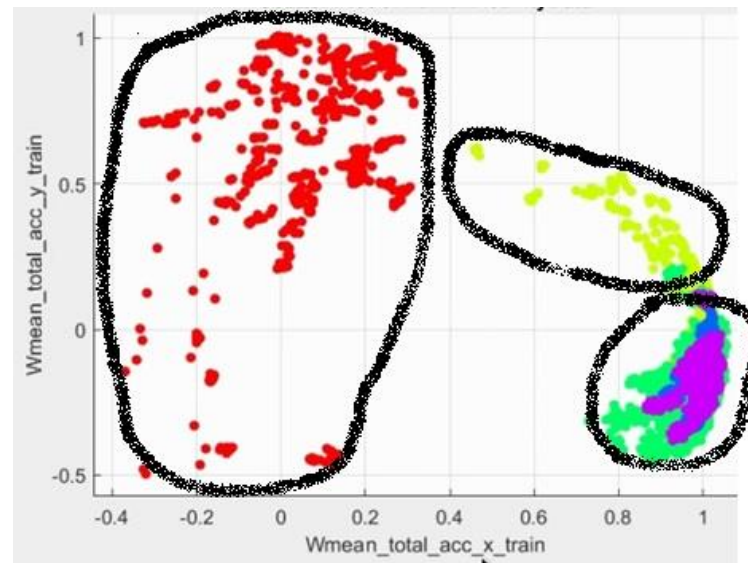


## TRAINING:

## 1.3.- Etapas del Proceso de Percepción

## 3.- Entrenamiento de Clasificador:

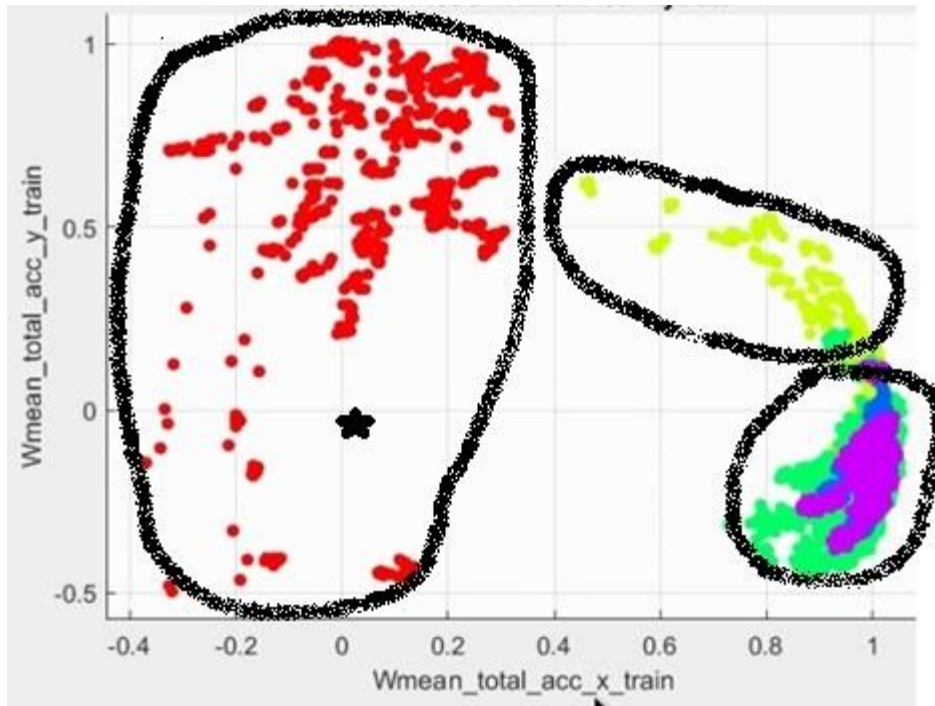
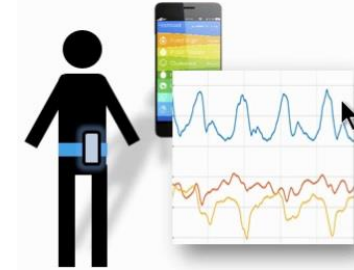
- Objetivo general: particionar el espacio de características en regiones correspondientes a cada una de las clases (actividades físicas, en nuestro ejemplo)
- ❑ *Espacio de características*: espacio definido por las características seleccionadas – espacio de dimensión 12 en nuestro ejemplo.
- ❑ *Ejemplo de Clasificadores*: Árboles de decisión, Máquinas de Soporte Vectorial, Vecinos más próximos...





### APLICACIÓN DEL CLASIFICADOR ENTRENADO PARA PREDECIR LA ACTIVIDAD FÍSICA:

1. Generación de datos de una muestra “desconocida”: 6 conjuntos de 128 datos (2,6 segundos, un dato cada 20ms) de los sensores ( $x$ - $y$ - $z$  del acelerómetro y  $x$ - $y$ - $z$  del giroscopio).
2. Calcular la media y la desviación típica, para obtener 12 valores de características.
3. Aplicación del clasificador entrenado.



Actividad Física: Estar Tumbado

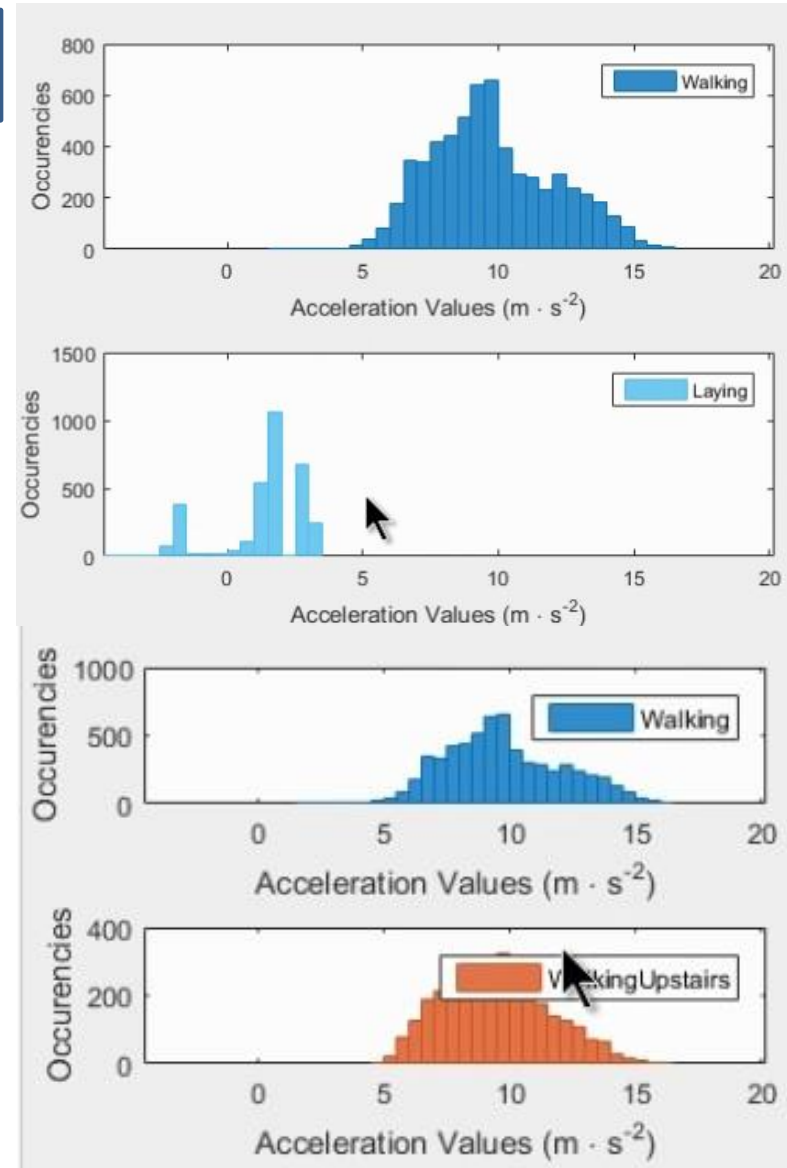
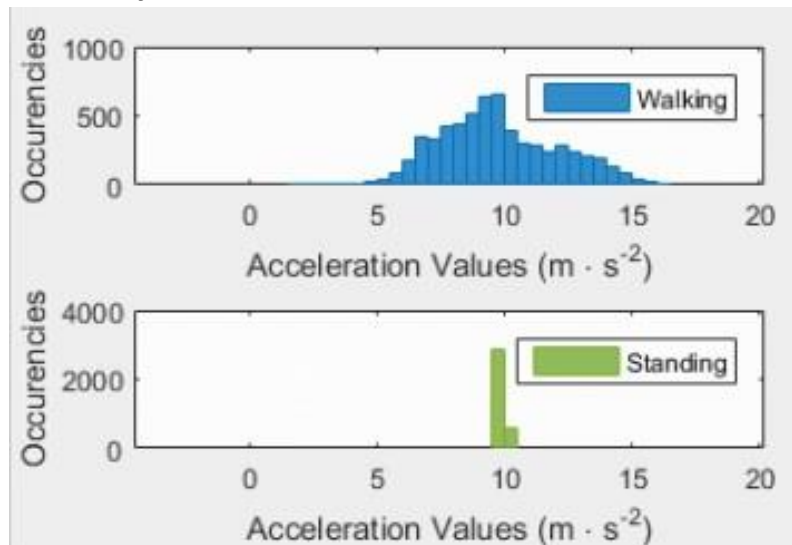
### FASE CRÍTICA: GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

❖ Con las características seleccionadas (media y std) puede haber dificultad de predecir con precisión distintas actividades físicas

Ejemplo: histograma de los datos del acelerómetro, dirección vertical, para las actividades Caminar, Estar de Pie, Estar Tumbado y Subir Escaleras.

Se observa:

- ❑ La media permite discriminar entre Estar Caminando y Estar Tumbado.
- ❑ La desviación típica permite discriminar entre Estar Caminando y Estar de Pie.
- ❑ Ninguna de las dos medidas discrimina entre Estar Caminando y Subiendo Escaleras.

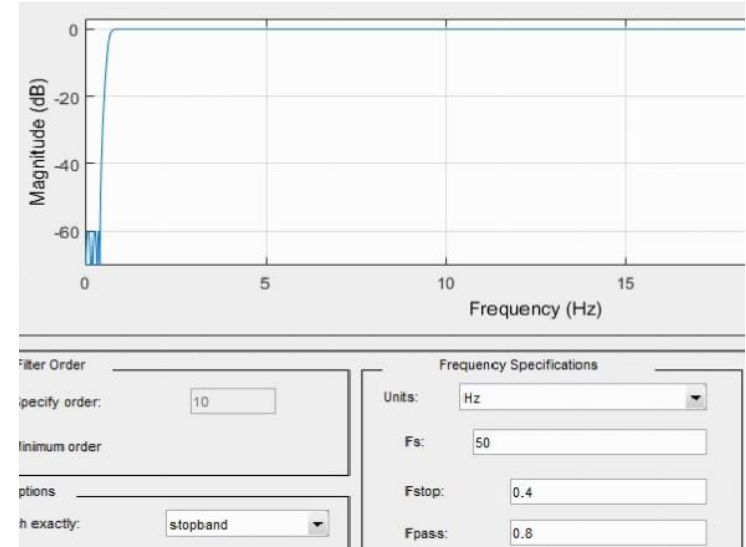
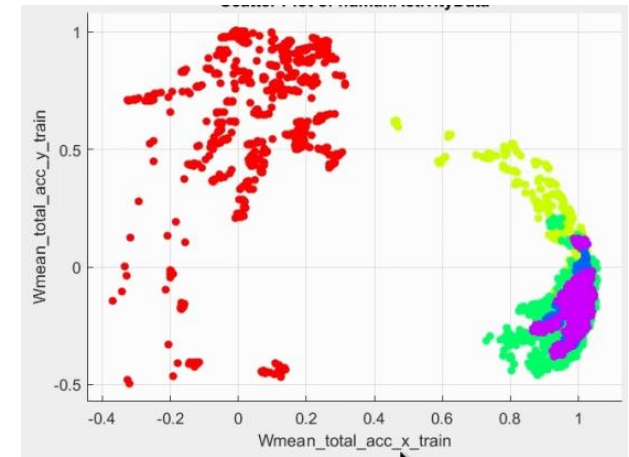
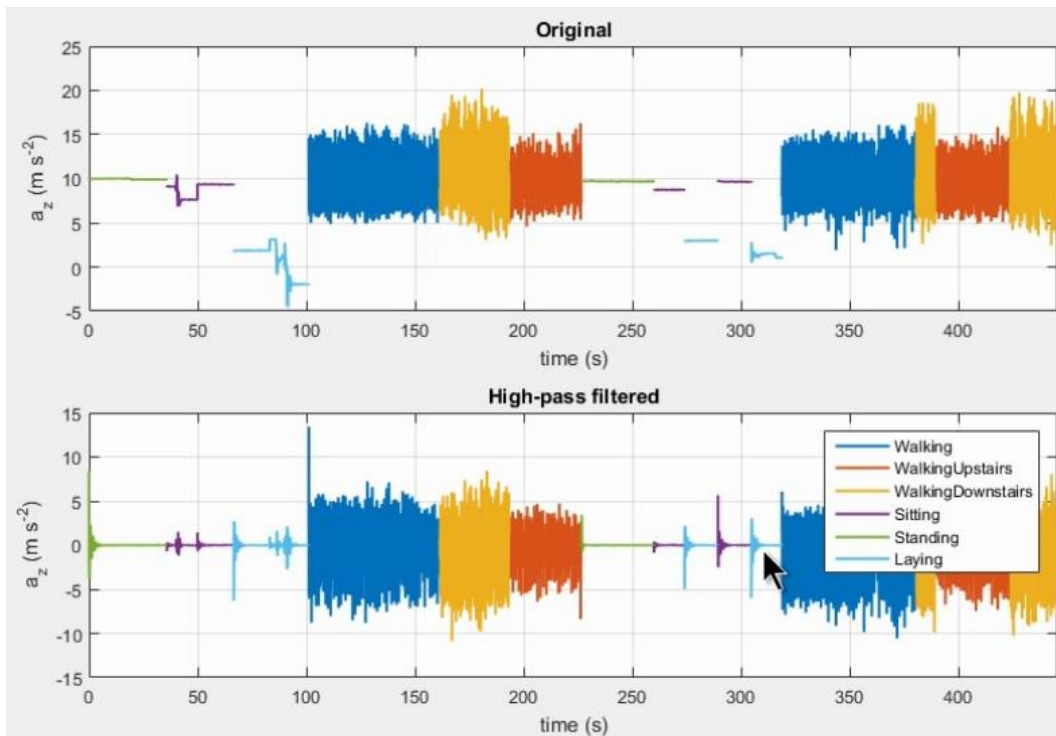


### FASE CRÍTICA: GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

#### ❖ Necesidad de generar nuevas características

Ejemplo: para discriminar las actividades caracterizadas por variaciones más rápidas de la señal, como subir o bajar escaleras, estar andando, se pueden analizar cómo son estas oscilaciones

1. Diseño de filtro pasa de alta, para eliminar componentes de baja frecuencia

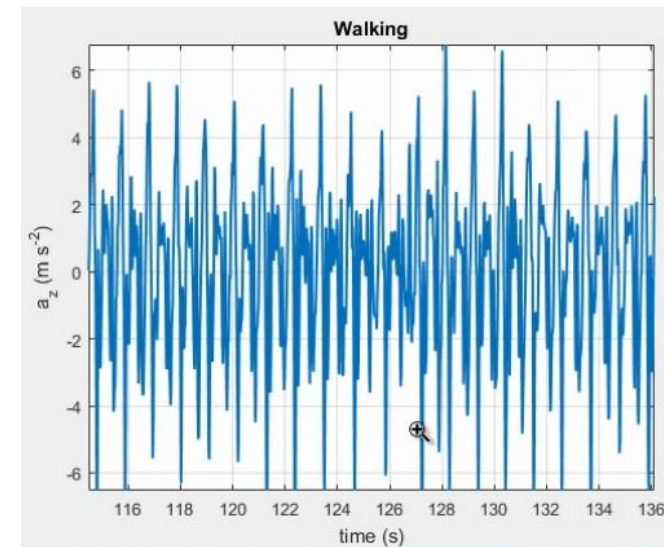
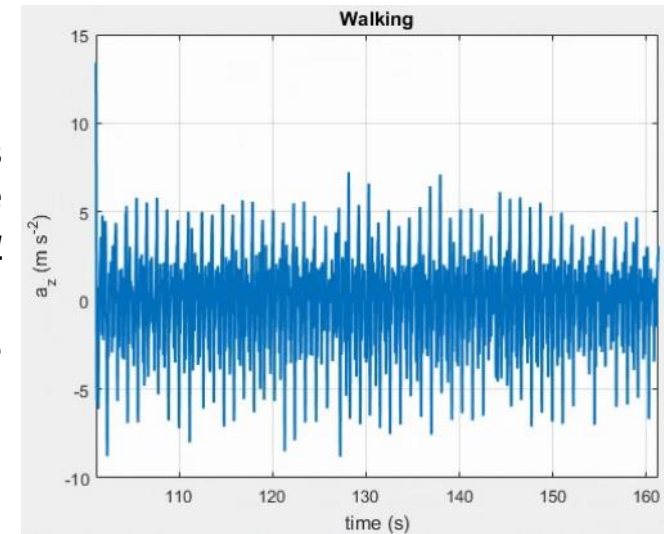
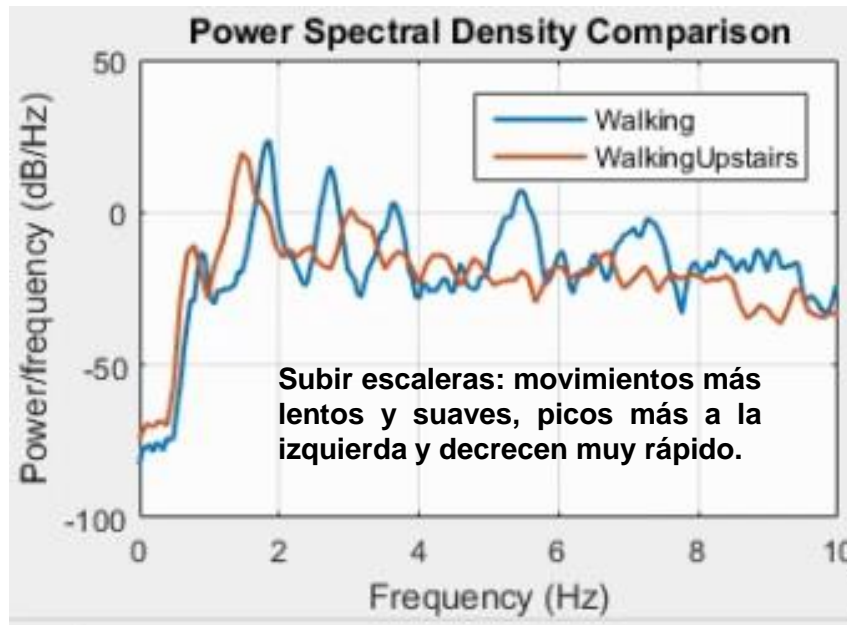


### FASE CRÍTICA: GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

#### ❖ Necesidad de generar nuevas características

Ejemplo: para discriminar las actividades caracterizadas por variaciones más rápidas de la señal, como *subir o bajar escaleras, estar andando*, se pueden analizar las variaciones temporales de estas oscilaciones para medir su rapidez y forma

2. Transformación al dominio frecuencial (FFT), Densidad Espectral de Potencia (Método Welch): la distancia en frecuencia de los picos es una medida de la rapidez de las oscilaciones y la amplitud relativa, es una medida de su forma.



### FASE CRÍTICA: GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

❖ Necesidad de generar nuevas características y seleccionar las más adecuadas

#### 1. GENERACIÓN DE CARACTERÍSTICAS:

- Características estadísticas basadas en caracterización de histogramas (media, desviación típica)
- Características basadas en el análisis de las variaciones de las señales mediante la transformación de su dominio de definición → transformación al dominio frecuencial, aplicación de filtros: amplitud y posición de los picos de frecuencia significativos.

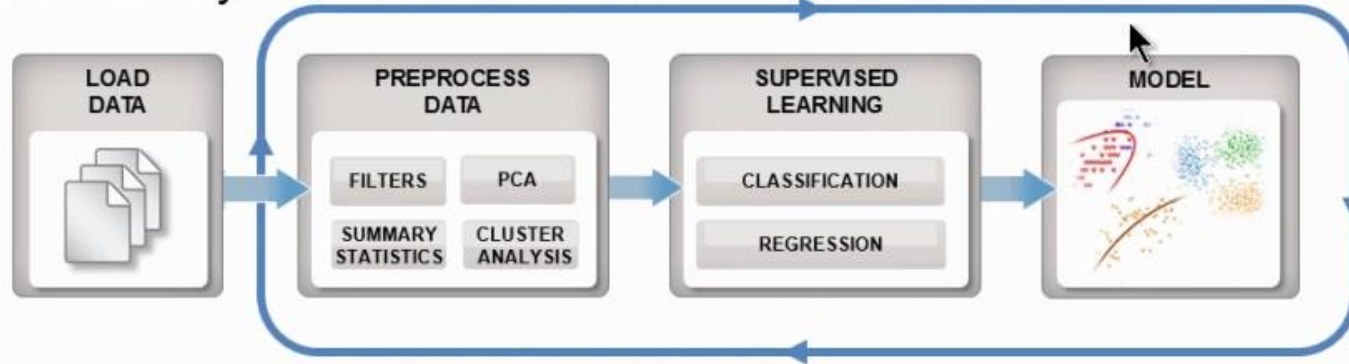
#### 2.- SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS / REDUCCIÓN DE LA DIMENSIÓN

- Seleccionar las características más adecuadas para afrontar la etapa de clasificación.
- Reducción de la dimensión mediante la aplicación de análisis de componentes principales (PCA)...

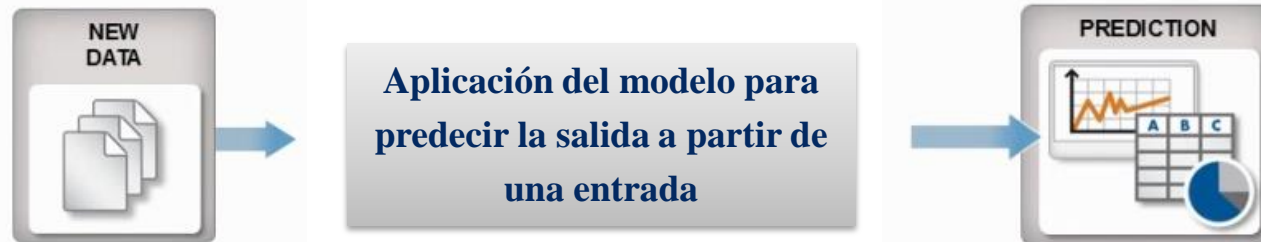


### RESUMEN DEL FLUJO DE TRABAJO


**Train:** Iterate till you find the best model ⇒ Generación de un modelo basado en datos de entrada-salida



**Predict:** Integrate trained models into applications



### CONSIDERACIONES Y RETOS

Steps	Challenge
Access, explore and analyze data	<b>Data diversity</b> Numeric, Images, Signals, Text – not always tabular
Preprocess data	<b>Lack of domain tools</b> Filtering and feature extraction Feature selection and transformation
Train models	<b>Time consuming</b> Train several models to find the “best”
Assess model performance	<b>Avoid pitfalls</b> Over Fitting Speed-Accuracy-Complexity tradeoffs
Iterate	

### CAMPOS DE APLICACIÓN

- Industria
  - Control de calidad
  - Inspección
  - Medición
  - Automatización de procesos
- Robótica
  - Guiado
  - Detección y evitación de obstáculos
  - Generación de mapas
- Seguridad
  - Detección
  - Monitorización
  - Seguimiento
  - Inspección y medida en ambientes peligrosos
- Medio-ambiente
  - Detección y medición de incendios forestales
  - Detección y medición de vertidos
- Medicina
  - Evaluación y diagnóstico automático
  - Análisis médicos
- Biología
  - Detección y seguimiento de especies
  - Análisis de la biomasa



### CAMPOS DE APLICACIÓN

#### Algunas Aplicaciones:

- ⇒ **Militares:** Vigilancia por satélite, detección y seguimiento de objetivos
- ⇒ **Robótica:** navegación de robots móviles (detección de distancias en el entorno de movimiento del robot, identificación de objetos), guiado de robots industriales.
- ⇒ **Biomedicina:** análisis de imágenes tomadas por rayos X, ultrasonido; pruebas de laboratorio automáticas (recuento glóbulos en sangre, detección de células anormales).
- ⇒ **Identificación:** lectura de paneles o documentos, identificación de matrículas de vehículos, identificación automática de huellas dactilares, reconocimiento de caras.
- ⇒ **Industria:** identificación y clasificación automática de piezas, medición de objetos, ensamblaje.
- ⇒ **Microscopía:** crecimiento de bacterias, número de partículas existentes en una muestra y dimensión de las mismas, reconocimiento de partículas.