



## Pre-Fall – Sistema inteligente para la prevención y predicción de caídas

### E2.3 – Captura de Datos Inicial

Proyecto	Pre-Fall – Sistema inteligente para la prevención y predicción de caídas
Entregable	E2.3 – Captura de Datos Inicial
Fecha	24/10/2022

## Contenido

Contenido .....	1
Resumen Ejecutivo .....	2
Índice de Figuras .....	3
1    Introducción .....	5
2    Plan de Captura de Datos .....	6
2.1    Fase 1: Selección de pacientes (Cribado – <i>screening</i> ) .....	6
2.2    Fase 2: Ejecución del Protocolo de Batería de Pruebas .....	7
2.3    Fase 3: Validación del IMU .....	11
2.4    Fase 4: Modelo sintético de datos .....	12
3    Incidencias .....	16
4    Resultados .....	17

## Resumen Ejecutivo

En este Entregable 2.3 tiene como objetivo la validación y verificación del IMU para el registro de datos y que lleva a la consecución del Hito 1 del Proyecto PreFall.

En la Sección 2 se establece el Plan de Captura de datos que se realizará a lo largo de 4 Fases. En cada una de estas fases se establece el cribado de pacientes, la ejecución del protocolo de banco de pruebas y posteriormente se realiza la validación del IMU. También se propone una primera arquitectura del modelo de predicción.

## Índice de Figuras

Figura 1: Prueba 1 ..... **¡Error! Marcador no definido.**



## 1 Introducción

En este documento se va a presentar el plan de captación de datos que como finalidad servirá para validar los registros realizados con el IMU seleccionado en Entregable 2.2 y utilizando el protocolo de banco de pruebas de Entregable 2.1. De forma que se obtenga una verificación de los datos registrados y comparados con el Gold Standard. Y como conclusión se obtenga el plan de registro y el IMU validado.

## 2 Plan de Captura de Datos

En la Figura 1 se presenta el plan de captura de datos, el cual se desarrolla a través de tres fases principales. La Fase 4 pertenece a una primera arquitectura de modelo sintético que se desarrollará en el Plan de Trabajo 3.

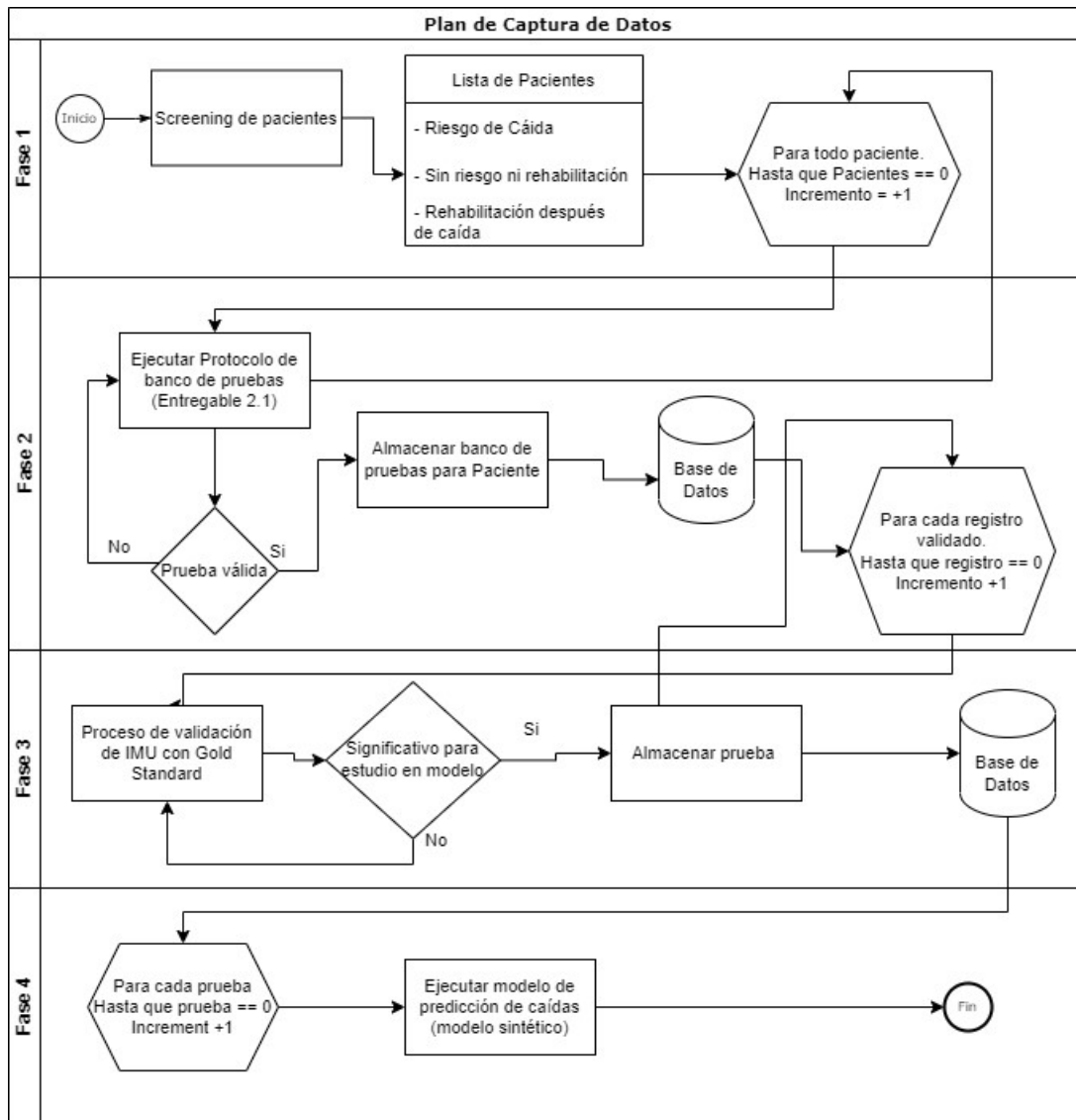


Figura 1: Plan de Captura de Datos

### 2.1 Fase 1: Selección de pacientes (Cribado – screening)

Se realiza un proceso de *screening* o cribado de pacientes que presenten las características siguientes:

- Grupo A: Consideración con riesgo de caída por enfermedad, envejecimiento, historial clínico, fragilidad.
- Grupo B: Todos aquellos que se encuentren en proceso de rehabilitación después de caída

- Grupo C: Aquellos que no manifiesten riesgo de caída ni estén en proceso de rehabilitación

Esta fase será realizada por el personal clínico cualificado que obtendrá un listado que se irá actualizando diariamente.

En este sentido cabe destacar la problemática por la situación de salud debido a la pandemia en la que no se ha podido acceder a los pacientes de forma normalizada, teniendo pocos casos englobados únicamente en el Grupo C.

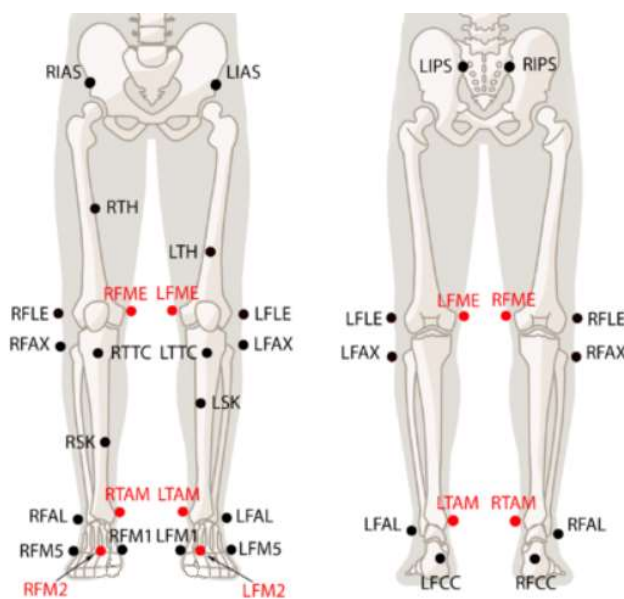
No obstante, son suficientes para evaluar la validez del registro del IMU apto para la consecución del HITO 1, así como para inicializar el proceso de modelado.

Se han obtenido los siguientes pacientes:

Grupo	Edad	Peso	Altura
C	57	63	158
C	23	77	180
C	41	95	183

## 2.2 Fase 2: Ejecución del Protocolo de Batería de Pruebas

Una vez realizado la fase de selección, se pasa a la aplicación a cada uno de los pacientes del protocolo del banco de pruebas descrito en la sección 3 del Entregable 2.1. Se ha definido un modelo biomecánico de 28 marcadores mostrado en Figura 2.



**Figura 2: Modelo biomecánico realizado**



Comparación de la aceleración lineal del marcador RIPS (*Right Iliac Posterior Spine*) con la del IMU.



Figura 3: Marcador RIPS e IMU (izquierda) con modelo biomecánico (derecha)

Teniendo en consideración los parámetros que nos ofrece el IMU, se ha seleccionado la aceleración lineal como variable significativa, en base al protocolo definido.

Se han buscado los eventos relevantes en la aceleración lineal del marcador en RIPS (Figura 3 y Figura 2). Como ya se definió en Entregable 2.1, la aceleración lineal se ha desplegado en sus tres ejes: aceleración vertical, lateral y antero-posterior.

En la Figura 4 se observa cómo se ajusta la velocidad vertical al proceso de marcha humana. De esta forma se pueden comparar los datos registrados por el IMU y por el Mocap y realizar una primera validación de que registros.

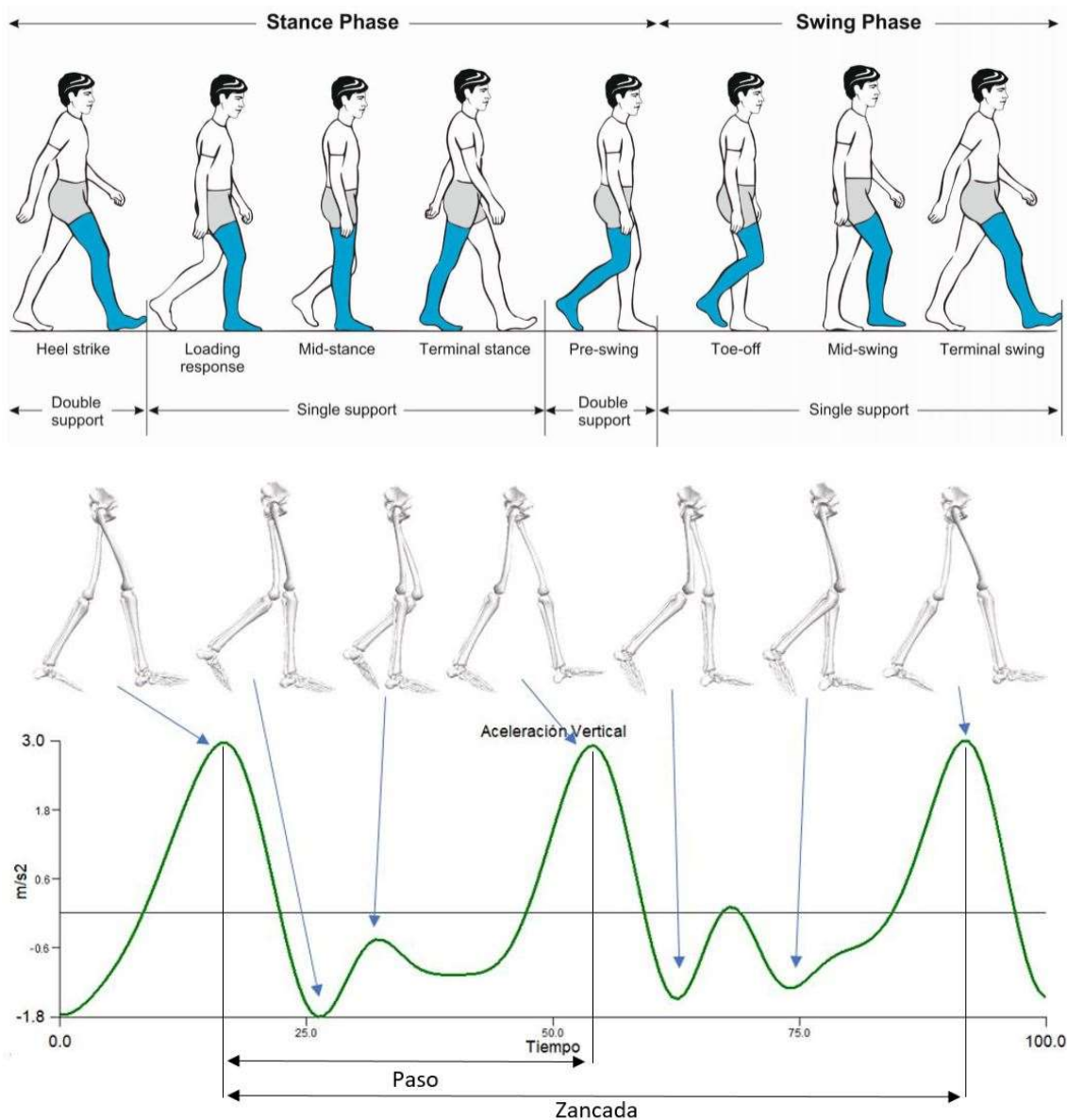
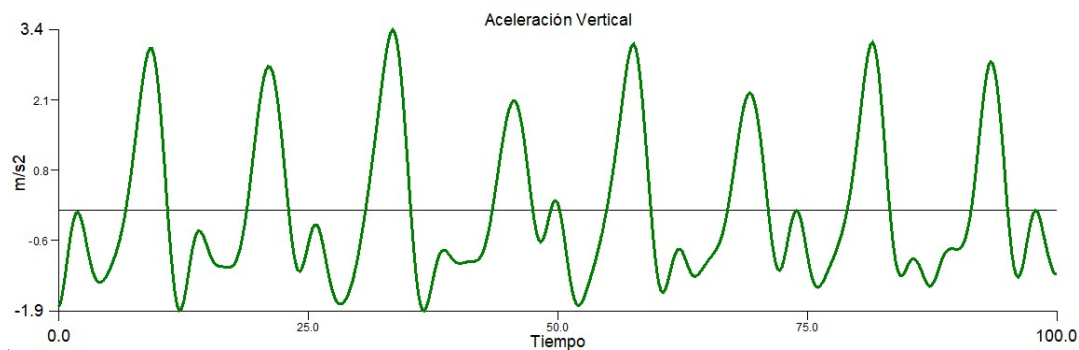


Figura 4: Comparación de Aceleración Vertical y modelo biomecánico (abajo) con proceso de la marcha humana (arriba)

Se toma como ejemplo a paciente de Grupo C de Pacientes (23 años, 180cm, 77kg) y en el que se puede ver la comparativa de los datos registrados en Figura 5. Se puede observar que ambas gráficas son muy parecidas.

## MOCAP



## IMU

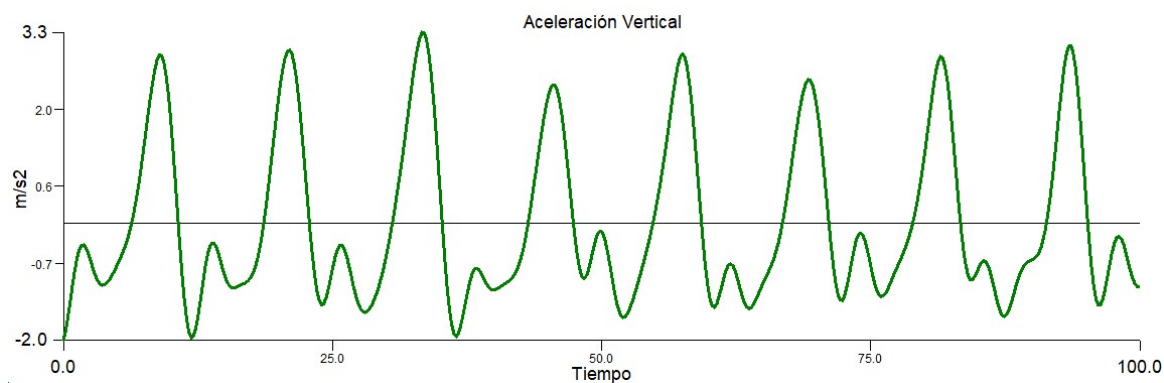


Figura 5: Comparativa de Aceleración Vertical IMU-Mocap

Y en la Tabla 1 se puede revisar los datos registrados tanto por el IMU como por el Mocap. En la Tabla 2 se presentan los resultados después del protocolo de batería de pruebas de los pacientes.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3	ACELERACIÓN VERTICAL IMU			ACELERACIÓN VERTICAL MOCAP		
4						
5	ITEM	X		ITEM	Z	
6	1	-2.015245		1	-1.813173	
7	2	-1.848383		2	-1.707077	
8	3	-1.614079		3	-1.494884	
9	4	-1.341643		4	-1.223087	
10	5	-1.061923		5	-0.916719	
11	6	-0.804327		6	-0.617504	
12	7	-0.593659		7	-0.357628	
13	8	-0.447297		8	-0.168085	
14	9	-0.373363		9	-0.052452	
15	10	-0.370291		10	-0.033379	
16	11	-0.427793		11	-0.092983	
17						

Tabla 1: Muestra de datos registrados por IMU y Mocap

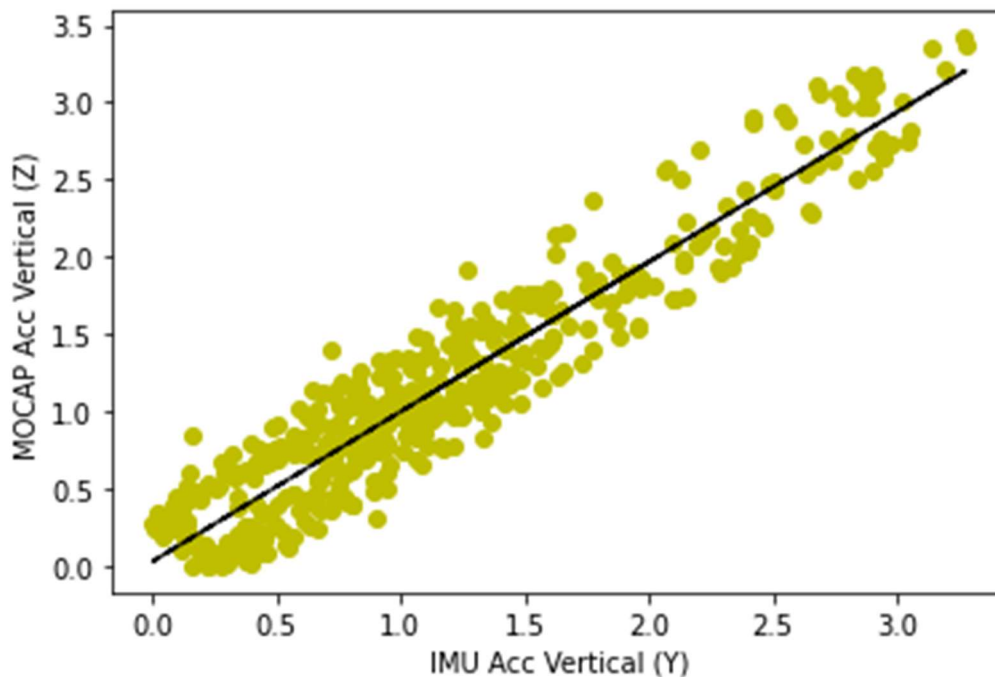
Grupo	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	94. V. Máxima (m/s <sup>2</sup> )	A.V. (Media (m/s <sup>2</sup> ))	Tiempo entre pasos (seg.)	A.V. (Desv. Est.)(m/s <sup>2</sup> )	Pasos Por Minuto
C	57	63	158	4.05	3.00	0.52	0.81	105.68
C	23	77	180	3.28	2.85	0.57	0.28	108.65
C	41	95	183	3.18	2.36	0.59	0.58	94.08

Tabla 2: Resultados de la marcha humana. A.V. = Aceleración Vertical

A continuación se van a analizar los datos estadísticos para validar los datos registrados y también el funcionamiento del IMU seleccionado y su validez a la hora de tomar datos biomecánicos fuera del laboratorio.

## 2.3 Fase 3: Validación del IMU

Se va a realizar una comparativa de datos Mocap e IMU utilizando un modelo de regresión lineal para evaluar los datos. Si el modelo es estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) podemos decir que efectivamente los datos registrados con el IMU son validados por el Gold Standard, y podría utilizarse de forma aislada en otros entornos.



IMU Media (m/s <sup>2</sup> )	IMU Desv. Est. (m/s <sup>2</sup> )	Mocap Media (m/s <sup>2</sup> )	Mocap Desv. Est. (m/s <sup>2</sup> )	Slope	Interce pt	R <sup>2</sup>	Valor p	Error Desv. Est´.
1.159	0.746	1.153	0.764	0.968	0.303	0.893	1.134*10 <sup>-230</sup>	0.015

Tabla 3: Regresión lineal y datos estadísticos para Aceleración Vertical (A.V.)

Se ha tomado la aceleración vertical (A.V.) tanto en IMU como en Mocap y el modelo de regresión es  $Y = 0.96882422 * X + 0.0303015$  con  $R^2 = 0.893$  con lo que el modelo utilizado es bastante preciso. Se puede observar en la Tabla 3 que  $p < 0.05$  con lo que estadísticamente es significativo.

## 2.4 Fase 4: Modelo sintético de datos

De cara al modelado a llevar a cabo a lo largo del paquete de trabajo posterior, *PT3: Sistema experto de prevención de caídas*, dicha información será la base para el entrenamiento y generación de dichos modelos. Para ello, se contemplan distintas fuentes de información para obtener las variables necesarias en el entrenamiento de los modelos supervisados.

Por un lado, es indispensable disponer de la información relativa a la variable objetivo de este sistema: la existencia conocida de riesgo de caída por parte del sujeto en estudio. De esta forma, se buscará generar un clasificador que permita determinar si nuevos usuarios tienen una mayor probabilidad de formar parte del grupo de riesgo o de aquellos que, a priori, no parecen presentar razones para pensar en tal problemática. Tal y como se indica en la memoria del proyecto, se buscará tener información de tres tipos de sujetos atendiendo a dicha variable:

pacientes considerados con riesgo de caída, pacientes en proceso de rehabilitación tras una caída, y sujetos que no tienen patologías asociadas a dicha problemática en estudio.

A continuación, también será de especial relevancia tener en cuenta variables de interés propias del sujeto, tales como edad, sexo, peso o altura (según la disponibilidad de tal información). Todo esto servirá para que el modelo tenga capacidad de contextualizar al individuo, dado que el patrón de movimiento podrá considerarse distinto según dichas características.

Finalmente, y como información principal para el análisis, se presentan los datos de los sensores recogidos a través del experimento diseñado a lo largo del actual paquete de trabajo PT2: *Wearable de medición de la marcha humana*, y en especial, en la tarea asociada a este entregable, E2.3: Captura de datos inicial. Dichos datos serán recogidos para distintos individuos según su tipología con respecto al riesgo de caída, y serán obtenidos llevando a cabo un experimento homogéneo entre todos ellos. Así, se buscará detectar las cuatro fases de la marcha asociadas en función de los datos de los sensores, las cuales vienen dadas de forma esquemática en la Figura 6.

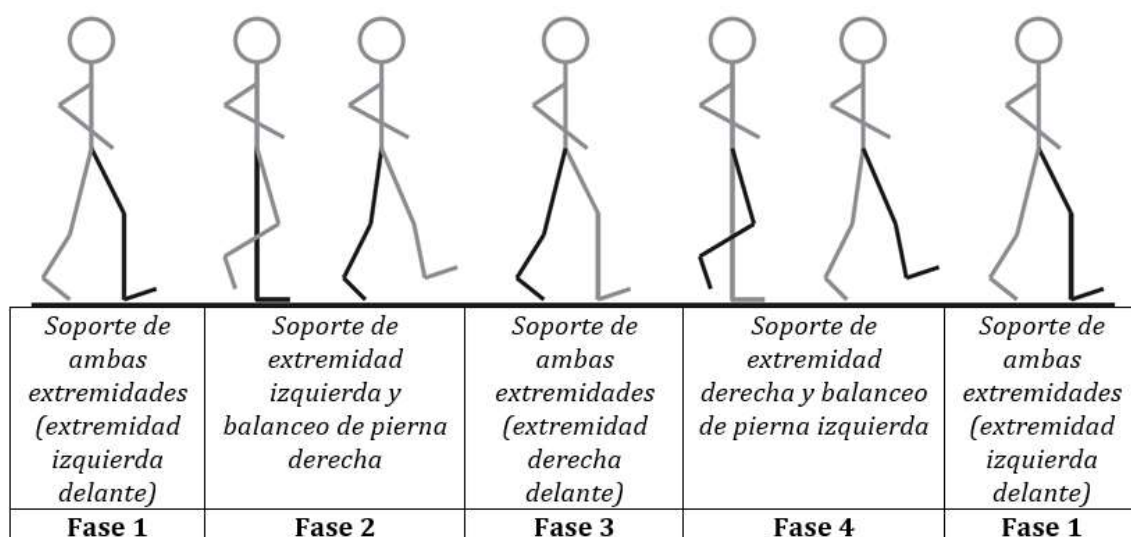


Figura 6. Descripción esquemática de las cuatro fases de la marcha

Así, una vez separadas las fases de cada recorrido, se llevará a cabo un análisis estadístico de los subconjuntos generados, de tal forma que se obtengan variables agregadas con respecto a los tres sensores que componen el sistema de medición, y que sirvan posteriormente para el entrenamiento del modelo.

Para mayor detalle en lo relativo a cómo obtener dichas fases, así como la agregación estadística asociada, se podrán consultar los entregables asociados al PT3, y en particular, se hará un mayor énfasis en su obtención en el entregable “E3.1: Procedimiento de depuración y preprocesado de los datos”.

De modo esquemático, se presenta en la Figura 7 el flujo de trabajo esperado a lo largo del PT3 previamente mencionado.

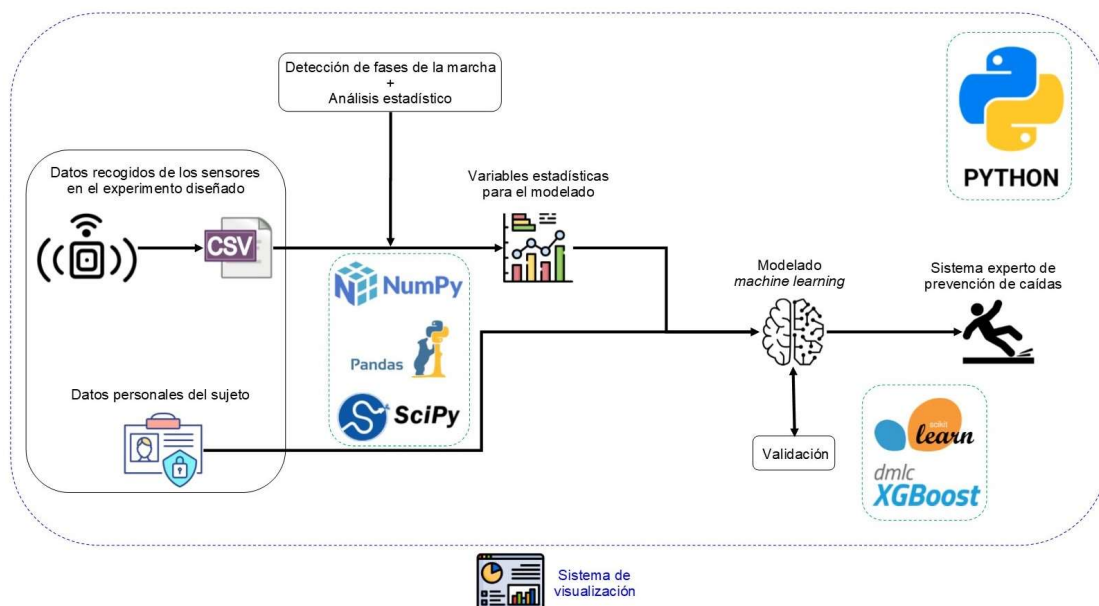


Figura 7. Esquema del flujo de trabajo del proceso inteligente esperado

En ésta, se pueden apreciar como punto de partida los datos del experimento recogidos a través del sensor seleccionado, así como información complementaria de los datos personales de cada sujeto. Con esto, se buscará, tal y como se menciona previamente, la forma de detectar las distintas fases de la marcha mostradas en la Figura 6, de tal modo que, junto a los datos personales iniciales, se proceda con los distintos pasos relativos al modelado inteligente. Todo esto, requerirá una fase previa exhaustiva de pre-procesado y preparación de los datos.

Dicho modelado se realizará haciendo uso de distintos modelos posibles y parametrizaciones de algoritmos de aprendizaje supervisado de clasificación, y será validado utilizando las técnicas que se consideren adecuadas mediante la selección de la métrica o métricas de relevancia.

Así, dicho modelo será la base para la generación de un sistema experto de prevención de caídas que, junto con todo lo previo, será incluido en un sistema de visualización que presente la información relevante detectada.

En cuanto a las herramientas de programación a utilizar, se basará el desarrollo en el lenguaje Python, haciendo uso a priori de la versión 3.7 de éste, y utilizando librerías asociadas al análisis de datos e inteligencia artificial, como *numpy*, *pandas*, *scipy*, *sklearn* o *xgboost*.







### 3 Incidencias

La imposibilidad de poder acceder a pacientes por la situación sanitaria ha impedido el acceso a pacientes y sólo se han podido realizar registros a pocos pacientes sin riesgo de caída. No obstante, a medida que se vayan consiguiendo pacientes, al tener ya el plan realizado se realizaría paralelamente a otras tareas del Plan de Trabajo 3. De tal forma que se obtendría el número de pacientes necesario para la integración del modelo de previsión de caídas.

No obstante, con los pacientes que se han realizado las pruebas es el mínimo necesario para realizar la validación de los datos tomados en laboratorio con el IMU y comparados con el *Gold Standard* de la fotogrametría. De esta forma se puede validar tanto el IMU seleccionado en el Entregable 2.2 como los datos registrados.

## 4 Resultados

Después del proceso de selección de la batería de pruebas y del proceso de selección del IMU (*ActiSense*). En esta Tarea 2.3 ya se disponía de un IMU, el protocolo de pruebas y mediante el plan de registro se han tomado algunas muestras que han llevado a verificar con la fotogrametría (*gold standard*) que los datos registrados por el sensor son válidos. Con lo que se puede verificar el IMU seleccionado y se puede utilizar para continuar con el plan de registro de datos que serán importantes de cara al Plan de Trabajo 3.

Con lo que esta validación se encuentra en correspondencia al objetivo del Hito 1 de obtener un sensor validado y verificado.