Texto

Descripción generada automáticamente

**INFORME TÉCNICO**

**ENTIDAD[[1]](#footnote-1): CTIC**

**PROYECTO[[2]](#footnote-2):**

**TÍTULO PROYECTO: PreFall: Sistema inteligente para la prevención y predicción de caídas**

**PERIODO JUSTIFICADO[[3]](#footnote-3): Hito 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Versión vigente** | | | |
| **Versión** | **Elaborado/Validado** | **Aprobado** | **Fecha Aprobación** |
| 1.1 | División de Control de Proyectos | Jefe División Control de Proyectos | Diciembre 2023 |

1. **DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**
   1. **CRONOGRAMA**

En primer lugar se presenta el cronograma de las Tareas correspondientes al Plan de Trabajo 3 y 4:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Tabla, Excel

Descripción generada automáticamente

* + 1. **Tarea 3.1: Depuración y preprocesado de datos**

Tomando como base los datos obtenidos en la tarea T2.3, se

extraerá un conjunto de datos representativo que pueda servir para

la generación de un modelo que plasme las diferentes

características de la marcha humana.

* + - 1. **Indicador 3.1.1:** **Se ha seleccionado un conjunto de datos representativo (>20 participantes).**

67 participantes

* + - 1. **Indicador 3.1.2: Se han aplicado al menos 2 técnicas de preprocesado de datos.**

Filtro modelo y filtro de KALMAN.

* + 1. **Tarea 3.2: Modelos de aprendizaje automático para el modelado de la marcha humana.**

En la Tabla 4 se muestran los IMUs que van a intervenir en el proceso de puntuación (scoring) en la evaluación (benchmark).

* + - 1. **Indicador 3.2.1: Se ha diseñado una metodología para la detección de distintas fases de la marcha**

Este proceso está esquematizado en el esquema de la Figura 5. Son una serie de fases de calificación que llevarán a poner una puntuación en cada IMU.

* + - 1. **Indicador 3.2.2: Se han implementado al menos 4 algoritmos de aprendizaje supervisado de clasificación**

Establecer como resultado el IMU seleccionado en la Tabla 5 y Figura 9.

* + 1. **Tarea 3.3: Validación de los modelos**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 3.3.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* + - 1. **Indicador 3.3.2**

Realizar una validación entre los datos capturados en IMU y en cámaras (*fotogrametría*) como *Gold Standard.* Concluyéndose que los resultados para evaluar Aceleración vertical son estadísticamente significativos, con lo que se puede verificar que el IMU seleccionado es válido para la toma de datos (Tabla 7).

* + 1. **Tarea 3.4: Diseño e implementación de un sistema experto deprevención y evaluación de la eficacia de la rehabilitación.**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 3.4.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* + - 1. **Indicador 3.4.2**

Realizar una validación entre los datos capturados en IMU y en cámaras (*fotogrametría*) como *Gold Standard.* Concluyéndose que los resultados para evaluar Aceleración vertical son estadísticamente significativos, con lo que se puede verificar que el IMU seleccionado es válido para la toma de datos (Tabla 7).

* + 1. **Tarea 3.5: Sistema de visualización de resultados.**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 3.5.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* + 1. **Tarea 4.1: Plan de pruebas.**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 4.1.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* + 1. **Tarea 4.2: Validación de la solución..**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 4.2.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* + 1. **Tarea 4.3: Corrección y adecuación de los modelos.**

Establecer en la Tabla 6 el Plan de Captura de Datos desarrollando cada una de las fases.

* + - 1. **Indicador 4.3.1**

Diseñar el esquema del proceso inteligente esperado (Figura 10).

* 1. **DETALLE DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DEL PROYECTO**

*Descripción de cada una de las actividades del proyecto (tanto las que están en fase de ejecución como las terminadas) incluyendo detalle de la implementación y/o utilización de la tecnología prevista, el cumplimiento de los objetivos del proyecto, el lugar de desarrollo, las desviaciones técnicas y/o temporales, sus motivos, sus consecuencias y las acciones correctoras si procede.*

*En el caso de proyectos ejecutados por un consorcio, se presentará una descripción global y una descripción particularizada para cada integrante. Además se indicará el porcentaje de avance previsto versus porcentaje de avance ejecutado, en cada una de las actividades y para cada uno de los socios del consorcio.*

* + 1. **Tarea 2.1 – A1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tarea 2.1** | **Descripción** |
| **Fase** | Finalizada |
| **Detalle de implementación** | En esta tarea se han evaluado 5 pruebas de evaluación de riesgo de caída de entre la literatura más importante |
| **Tecnología** | Se establece el protocolo del banco de pruebas donde se utilizará un laboratorio para estudios biomecánicos clínicos completamente equipado con la siguiente tecnología:   * Cámaras OptiTrack * Marcadores reflectantes * Sensores inerciales (IMUs) * Data Adquisition Tool de IBC * Visual3D de C-Motion |
| **Lugar de desarrollo** | Laboratorio |
| **Desviaciones técnicas** | Se ha tenido que elegir una batería de pruebas que se adecúe al momento sanitario que aún perdura. |
| **Desviaciones temporales** | No se ha previsto ningún cambio en la secuenciación temporal |
| **Motivos** | Ninguno |
| **Consecuencias** | Ninguno |
| **Actuaciones** | Ninguna |

* + 1. **Tarea 2.2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tarea 2.2** | **Descripción** |
| **Fase** | Finalizada |
| **Detalle de implementación** | Se han tomado 3 sensores inerciales IMUs y se ha desarrollado un proceso de puntuación (*scoring*) para evaluar qué sensor tiene mejor valor y seleccionarlo. |
| **Tecnología** | Se establece el protocolo del banco de pruebas donde se utilizará un laboratorio para estudios biomecánicos clínicos completamente equipado con la siguiente tecnología:   * El laboratorio consta de un sistema de captura del movimiento (fotogrametría) con 31 cámaras OptiTrak [[4]](#footnote-4) * Marcadores reflectantes: 12.7 mm (1/2"): M4 Markers Precision Spheres with 3M 7610 Reflective Tape and M4 ThreadsI   MU1: MetaMotionRL+   * IMU2: ActiSense * IMU3: LPMBS-2 * Data Adquisition Tool de IBC * MetaRom de Mbientlab * LPMSControl de LP-Research * Visual3D de C-Motion |
| **Lugar de desarrollo** | Laboratorio |
| **Desviaciones técnicas** | El problema que ha habido ha sido con el proveedor de ActiSense (WiseWare Solutions) y por el que estaban inmersos en una mejora de sus sensores inerciales en cuanto a su hardware como software debido a problemas de desconexión con el Bluetooth de baja energía (BLE[[5]](#footnote-5)). |
| **Desviaciones temporales** | En Abril 2022 comenzaron las actualizaciones de hardware y software que han finalizado en su primera fase en Septiembre de 2022 por parte del proveedor ActiSense.   * Cambio de Tarea 2.2 de Junio 2022 a Septiembre 2022 |
| **Motivos** | * Actualizaciones de Hardware y Software en sus dispositivos por problemática en su conexión Bluetooth BLE (Baja energía). * La falta de elementos electrónicos para implementación por falta de otros proveedores debido a la situación bélica actual. |
| **Consecuencias** | * Se optó a esperar a que el proveedor implementara los cambios debido a la falta de productos de similar calidad y coste del mercado. Con lo que se tuvo que esperar más tiempo de lo deseado para recibir un sensor con garantías de funcionamiento. * Reestructuración de la Tarea 2.2 para pasarla al final |
| **Actuaciones** | * Se han estudiado los dos sensores que restaban y se ha podido realizar parte de las valoraciones del sensor que faltaba para dejar preparada lo que faltaba de esta tarea una vez que ya estuvieron * Se valoró también el uso de otros sensores realizando contactos con empresas que los fabricaban. No obstante, estos sensores la mayoría estaban cableados y se necesitaba una solución sin cables. * Finalmente aunque con retrasos en su cronograma inicial, se puso paralelizar la tarea para que fuera finalizada en tiempo. |

* + 1. **Tarea 2.3**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tara 2.3** | **Descripción** |
| **Fase** | En Proceso |
| **Detalle de implementación** | Se ha desarrollado un plan de captación de datos en el que se establece una metodología para realizar las primeras selecciones de pacientes, realizar capturas y validaciones |
| **Tecnología prevista** | * Cámaras OptiTrack * Marcadores reflectantes * Sensores inerciales (IMUs) * Data Adquisition Tool de IBC * Visual3D de C-Motion * Lenguajes de programación: Python 3.8, .Net 6 (C Sharp), Python for Qt. * Librerías DLL para acceso a APIs. * Entornos de Desarrollo: Visual Studio 2022, PyCharm, Qt Creator 7.0.0 * Librerías de Inteligencia artificial para Python 3.8: scikit-learn, scipy * Librerías numéricas para Python 3.8: numpy, pandas * IMU1: MetaMotionRL+ * IMU2: ActiSense * IMU3: LPMBS-2 |
| **Lugar de desarrollo** | Laboratorio |
| **Desviaciones técnicas** | La imposibilidad de acceder a pacientes con riesgo de caída y también sin riesgo de caída por la problemática |
| **Desviaciones temporales** | Ninguna |
| **Motivos** | * No acceso a pacientes con riesgo de caída para el proceso >= de 60 años: de 31 de marzo, por la que se establecen las medidas en materia de salud pública para la contención del brote epidémico de la pandemia de COVID-19 en el territorio de Cataluña. |
| **Consecuencias** | No realizar todas las muestras especificadas para el Entregable2.3:   * Pacientes con riesgo de caída, n >= 10, (Sin realizar) * Pacientes sin riesgo de caída, n >= 10 (1 realizado) * Pacientes sin riesgo de caída con rehabilitación, n >=10 (1 realizado) |
| **Actuaciones** | Ninguna |

* 1. **ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO EN CASO DE QUE SE PREVEAN CAMBIOS RELEVANTES RELATIVOS AL SIGUIENTE PERÍODO (ANUALIDAD O HITO)**

El hito 1, *Dispositivo de captación de datos identificado, validado y probado,* ha sido conseguido. No obstante, el tamaño de población de muestras de los pacientes ha sido mermado por la situación sanitaria y la imposibilidad de poder acceder a pacientes con riesgo de caída y también no ha sido posible realizar todas las pruebas a los pacientes sin riesgo de caída.

Como consecuencia no se han podido realizar los experimentos que se tenían programados en la Tara 2.3. No obstante, no resulta problemático para la inicialización de los modelos aunque en un primer momento no fueran totalmente válidos.

A partir de este momento se está ya realizando el Plan de Trabajo 3. La única modificación que se va a plantear es la reestructuración del tamaño de muestras o experimentos realizados para que el modelo sea entrenado y sus resultados válidos. El sistema experto puede trabajar con muy pocos casos positivos (con riesgo de caída) no obstante se establecerá un número mínimo de casos positivos y negativos:

* Realización de registros de baterías pruebas a pacientes con riesgo de caída ( n => 5).
* Realización de registros de baterías de pruebas a pacientes sin riesgo de caída ( n => 15)

Dichas muestras se irán realizando al principio del Plan de Trabajo 3.1. Las Tareas 3.1, 3.2, y 3.5 pueden realizarse sin tener previamente un número de experimentos mínimo. Se plantea tal y como se visualiza en la Figura 1 la toma paralela de muestras que cumplan el mínimo para la validación del sistema experto.

No obstante, la toma de muestras es un proceso que conforme se pueda acceder a los pacientes se seguirá realizando a lo largo de todo el Plan de Trabajo 3 y también del Plan de Trabajo 4. Ya que, cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, mayor será el índice de validación del modelo.

Para aspectos de programación de tareas en el proyecto, la Tarea 3.1 comenzó en Octubre de 2022 y la secuenciación del resto de tareas se llevará a cabo conforme se indica en el cronograma del proyecto.

* El Plan de Trabajo 3 se realizará entre M10 y M20 ambos inclusive que llevará a realizar las tareas entre 1 de Agosto 2022 hasta el 31 de Mayo de 2023.
* El Plan de Trabajo 4 se realizará entre M21 y M25 que serían los meses de 1 de Junio de 2023 a 31 de Octubre de 2023.
* Al finalizar el M25 se entregaría el Hito 2.

Como conclusiones, no se va a variar el cronograma de tiempo conforme está planteado el cronograma con los cambios que se han realizado. No se prevé realizar ningún cambio de temporización para los siguientes Planes de Trabajo 3 y 4.

* 1. **CONCLUSIONES Y RESULTADOS ALCANZADOS POR CADA UNA DE LAS ENTIDADES PARTICIPANTES, EN EL CASO DE PROYECTOS REALIZADOS POR UN CONSORCIO.**

En este Plan de Trabajo 2, En la Tarea 2.1 se ha estudiado qué pruebas son más adecuadas para el uso para población o pacientes con riesgo de caída principalmente. Ya que estos pacientes pueden tener un índice de fragilidad alto se debe de elegir una prueba que sea simple y efectiva con la ubicación de los inerciales en la zona lumbar.

Se han analizado diversos estudios que indican dónde sería efectivo ubicar el sensor inercial en el paciente, qué batería de pruebas son efectivas para los inerciales y evaluación de la caída. Y luego qué categorías de variables habría que tener en cuenta.

Con lo que la primera conclusión sería:

* Dentro del protocolo de batería de pruebas, se ha seleccionado caminata de 8 m ida y vuelta dentro de un laboratorio.
* Se ubicará el sensor en la zona de espalda baja (sacro)
* Se utilizarán las categorías de variables correspondientes a aceleración lineal, de tiempo y de espacio.

Desde la Tarea 2.2 se han evaluado 3 sensores inerciales (IMU) escogiendo aquellos que cumplan los mínimos requerimientos para que puedan utilizarse en los bencharmk que se proponen. Las conclusiones y resultados de esta tarea son:

* Desarrollo de un protocolo de *benchmarking* que califique (*scoring*) a cada IMU y le ponga un valor que será la media de las evaluaciones que se realicen.
* Implementación del protocolo de *benchmarking* en el laboratorio.
* Selección del IMU resultante del proceso con el *score* o puntuación más alta. Se obtuvo el sensor ActiSense de WiseWare Solutions.

Para la Tarea 2.3 se ha realizado un plan de registro de datos cuya finalidad es tomar tanto los datos del IMU seleccionado en T2.2 como los dados por el Gold Standard que e la fotogrametría. De esta forma se busca la validación del registro de datos del IMU. Lo cual es altamente importante porque sería válido entonces tomar registros con el IMU en otros entornos como puede ser el hogar u otros espacios que no tengan como necesidad utilizar un laboratorio.

Aparte de la problemática comentada sobre la selección de pacientes, se han tomado algunas muestras que sirven para validar el IMU pero también para comenzar a diseñar el modelo de predicción. Con lo que, las conclusiones de la Tarea 2.3 son:

* Diseño de plan de registro de datos
* Implementación del plan de registro de datos
* Se ha realizado una validación entre los datos capturados en IMU y en cámaras (fotogrametría) como Gold Standard. Concluyéndose que los resultados para evaluar Aceleración vertical son estadísticamente significativos, con lo que se puede verificar que el IMU seleccionado es válido para la toma de datos
* Esbozo de la arquitectura a utilizar para el modelo (Tabla 7).
* A pesar de la falta de pacientes se traza un plan de registro de pacientes para el siguiente PT3.

1. **ANEXOS**

*Fotos, vídeos, tablas comparativas de datos, resultados de pruebas y ensayos, analíticas, informes de conclusiones de cada uno de los Organismos Públicos de Investigación que participan en el proyecto, separatas explicativas de actividades y resultados de las actividades realizadas por otros colaboradores, etc...*

Tabla

Descripción generada automáticamente con confianza media

Figura : Ubicación temporal para la Toma de Muestras que faltan

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Batería de Pruebas** | **Distancia/ ubicación** | **Tiempo** | **Ubicación Inercial** |  | **Tipo de sujetos** | **Sensores del IMU** | **Variables** |
| Caminar (segmento de 8 metros ida y vuelta) | 8 metros ida y vuelta / laboratorio | 90 s | Espalda  Baja  (sacro) |  | Riesgo de caída y no riesgo de caída | ACC, GYR, MAG | Posición y Ángulo.  Aceleración lineal.  Velocidad Angular  Espacio  Tiempo  Frecuencia |

Tabla : Prueba Seleccionada

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autor, Año** | **Sujetos**  **(con riesgo**  **De caída)** | **Media**  **edad** | **Tipo de Sensor** | **Número de sensores** | **Ubicación** | **Test** |
| Kokima,  2008 | 153  (22) | 71 | ACC[[6]](#footnote-6) | 1 | Espalda baja[[7]](#footnote-7) | *Walking* |
| O’Sullivan, 2009 | 17  (12) | 77 | ACC | 1 | Espalda baja | *Stand up* |
| Green,  2010 | 349  (207) | 72.4 | GYR[[8]](#footnote-8) | 2 | Espinillas | TUG |
| Itoh, 2012 | 30  (7) | 75 | ACC+  GYR | 1 | Espalda baja | *Stand up* |
| Senden, 2012 | 100  (50) | 76.5 | ACC | 1 | Espalda baja | *Walking* |
| Doheny, 2013 | 39 (19) | 71.5 | ACC | 2 | Muslo, Esternón | 5 times sit to stand test |
| Doi, 2013 | 73 (16) | 80.7 | ACC | 2 | Espalda baja, espalda alta | 10m walk test |
| Weiss, 2013 | 71 (32) | 78.4 | ACC | 1 | Espalda baja | *Walking* |
| Cui, 2014 | 81 (39) | 78.4 | ACC | 1 | Espalda baja | *Walking* |

Tabla : Lista de batería de pruebas

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura : Plano del laboratio

Diagrama, Dibujo de ingeniería

Descripción generada automáticamente

Figura : Ubicación pasillo y cámaras

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Instrumento | Ubicación | Descripción |
| Cronómetro | Auxiliar | Stopwatch aunque tanto las aplicaciones de registro como las cámaras MOCAP tienen temporizadores precisos. |
| Software Captación (Propietario de cada IMU) | Computador | Registro de datos cinemáticos (se detallará en Entregable 2.2) |
| Conos | Superficie de marcha | 2 conos |
| Sillas | Superficie de marcha | 1 |
| Cinta marcadora | Superficie de marcha | 8 metros |
| IMU | Región sacro | Se recogerán las medidas mediante los sensores de 9 grados de libertada 9DOF. Es decir del Acelerómetro (m/s^2), Giroscopio ( rad / s^2) y magnetómetro (micro Teslas) |
| Marcadores | Región sacro | Registro óptico con marcadores reflectantes que es Gold Standard que validará los datos registrados con los IMUs |
| Cámaras Opticas | Instalada en laboratorio | Para registrar los marcadores reflectantes y realizar el MOCAP |
| Software registro Cámaras (MotiveTrack) | Laboratorio | Software encargado de registrar los datos de fotogrametría. |
| Documentaco de Consentimiento | Auxiliar | Aunque la prueba no representa ningún peligro para la salud del paciente ni de ningún profesional, se dispondrá de formularios de consentimiento por parte del paciente donde se le informará de la prueba. |

Tabla : Instrumentación laboratorio

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 4: Protocolo del banco de pruebas

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Proveedor** | **Sensores inerciales** | **Precio** | **Accelerómetro x3** | **Giroscopio x3** | **Magnetómetro x3** |
| **Mbientlab Inc.** | Metamotion RL+ | 90 USD | Sí | Si | Sí |
| **WiseWare Solutions[[9]](#footnote-9)** | Actisense | 300 € | Sí | Sí | Sí |
| **LP-Research Inc.[[10]](#footnote-10)** | LPMBS-2 | 290 USD | Sí | Sí | Sí |

Tabla : IMUs para realizar el Benchmark

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura : Proceso de scoring

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sensores Inerciales** | *Acceso y Extracción* | *Tamaño* | *Autonomía* | *Comunicaciones* | *Facilidad de Uso Cotidiano* | *Score* |
| **MetamotionRL2+™**  **(Mbientlab Inc.)** | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | **8** |
| **ActiSense™**  **(WiseWare Technologies)** | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | **14** |
| **LPMBS-2™**  **(LP-Research Inc.)** | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | **10** |

Tabla : Selección de IMU mediante scoring

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Tabla : Plan de Captura de Datos

Imagen que contiene persona, mujer, sostener, parado

Descripción generada automáticamente

Figura : Ubicación de marcador en RIPS y sensor IMU

Gráfico, Histograma

Descripción generada automáticamente

Figura : Comparativa Aceleración Vertical IMU y Mocap

Gráfico, Gráfico de dispersión

Descripción generada automáticamente

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **IMU**  **Media**  **(m/s2)** | **IMU**  **Desv.**  **Est.**  **(m/s2)** | **Mocap**  **Media**  **(m/s2)** | **Mocap**  **Desv.**  **Est.**  **(m/s2)** | **Slope** | **Intercept** | **R2** | **Valor *p*** | **Error**  **Desv.**  **Est´.** |
| 1.159 | 0.746 | 1.153 | 0.764 | 0.968 | 0.303 | 0.893 | 1.134\*10-230 | 0.015 |

Tabla : Validación IMU y Mocap

Imagen que contiene Texto

Descripción generada automáticamente

Figura : Aplicación de registro desarrollada para IMU ActiSense

Imagen que contiene Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura : IMU ActiSense Seleccionado

![Diagrama

Descripción generada automáticamente]()

Figura : Esquema de flujo de trabajo para el proceso inteligente esperado

1. ENTIDAD beneficiaria de la ayuda CDTI (en su caso, entidad líder del consorcio). [↑](#footnote-ref-1)
2. Tipología y número de proyecto. [↑](#footnote-ref-2)
3. Período: Número de hito o anualidad (según corresponda) objeto de la justificación. [↑](#footnote-ref-3)
4. https://optitrack.com/ [↑](#footnote-ref-4)
5. https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/ [↑](#footnote-ref-5)
6. ACC: Acelerómetro [↑](#footnote-ref-6)
7. Región entre L3 y L% [↑](#footnote-ref-7)
8. GYR: Giroscopio [↑](#footnote-ref-8)
9. <https://wisewaresolutions.com> [↑](#footnote-ref-9)
10. <https://lp-research.com> [↑](#footnote-ref-10)