



ACTIVIDADES DE CARÁCTER NO ECONÓMICO DEL IBV EJERCICIO 2025



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+*i*



1. MEMORIA TÉCNICA



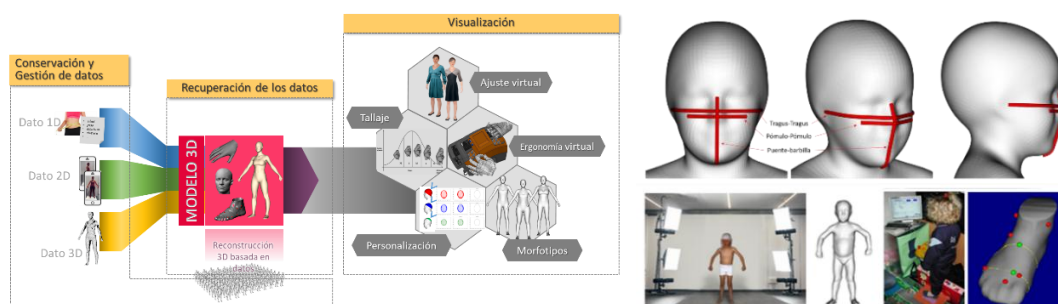
GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+i

Antropometría 3D (ANT)

Aplicaciones de las técnicas y metodologías de análisis de información antropométrica y morfométrica al diseño y asignación de bienes, servicios y entornos.

Antropometría 3D (ANT)



Actividad de I+D propia del IBV durante 2025 en ANT

Actividad de I+D no financiada

Aplicación del gemelo digital de la población infantil europea a la ergonomía de productos y entornos

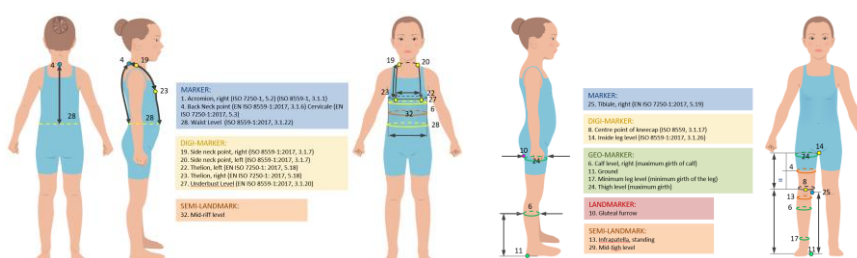
Tarea 1. Herramientas de procesamiento de escaneados corporales 3D para la integración de datos antropométricos. Aplicación a población infantil.

Durante este ejercicio el IBV ha avanzado en mejorar el procesamiento y análisis de datos antropométricos procedentes de escaneados 3D medidos en estudios independientes, en varios países y con equipamiento diferente. El objetivo de las mejoras en el procesamiento es flexibilizar el método para que se adapte a datos de entrada con características variables y evitar el sesgo de las medidas resultantes debidas a las diferencias en los protocolos de medida específicos de cada estudio. Este trabajo se ha realizado utilizando datos de escaneados que el IBV ha generado en proyectos anteriores.

Definición de marcadores corporales comunes en las bases de datos

En relación a los marcadores, se han establecido 5 tipos en función de si se marcan por un técnico en la sesión de medida, si se localizan manualmente sobre el 3D, se estiman mediante un modelo entrenado de IA o si calculan sobre la geometría del cuerpo. Esta descripción se ha aplicado a datos procedentes de dos estudios diferentes cuyas medidas se han llevado a cabo siguiendo protocolos compatibles. Estas bases de datos son: BBDD española capturadas con MOVE4D y la BBDD holandesa capturada con Scanologics.

En total se han definido 108 marcadores asociados a 4 posturas de escaneo: A- Pose, B-Erect; C-Functional y D-Sitting. Estas posturas son variantes de la norma ISO 20685 sobre compatibilidad internacional de bases de datos antropométricas 3D.

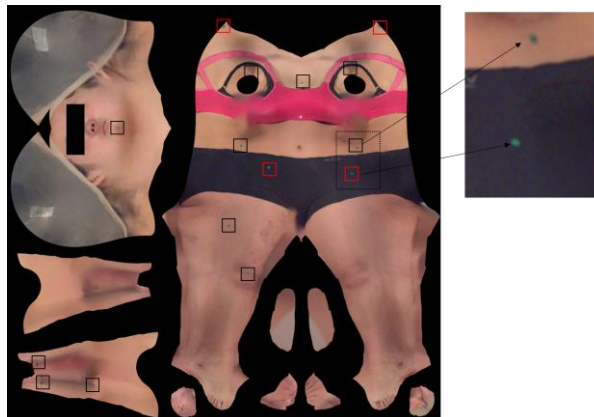


Medidas antropométricas asociadas a la postura A-Pose.

Antropometría 3D (ANT)

Algoritmos de identificación automática de marcadores físicos (MARKER):

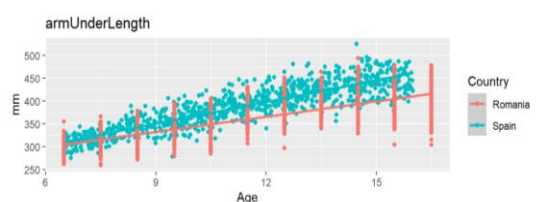
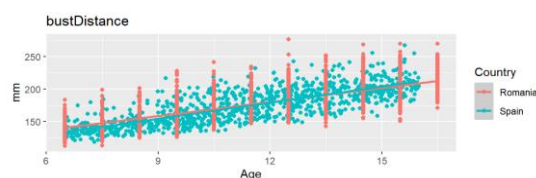
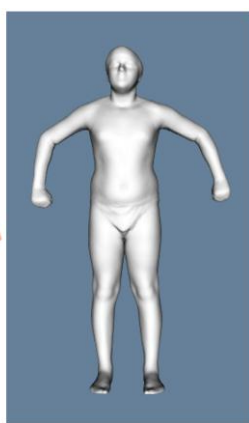
La identificación automática de los marcadores se realiza en 2D sobre la textura (no directamente en 3D) y luego se proyecta cada detección en la malla 3D usando las coordenadas UV de la textura.



Identificación automática de marcadores sobre el mapa UV de la textura.

Entrenamiento de algoritmos IA para identificar puntos anatómicos sin marcadores físicos (DIGIMARKER):

El IBV ya estaba aplicando IA para automatizar la generación de modelos 3D de cuerpo completo y facilitar su explotación en entornos clínicos e industriales. Sin embargo, cuando el objetivo es extraer medidas locales de alta precisión (p. ej., anchuras faciales, alturas craneales, diámetros o referencias auriculares), los modelos genéricos presentan limitaciones: la precisión se degrada en zonas con alta curvatura, oclusiones (orejas), cambios bruscos de geometría (nariz, mentón) o donde se requiere definición anatómica fina. Para resolver este cuello de botella se ha desarrollado una línea de algoritmos para detectar puntos anatómicos directamente sobre el escaneo 3D, eliminando la necesidad de marcadores físicos y reduciendo la dependencia de procesos manuales.



Izquierda: Discrepancia entre la A-pose de la base de datos española/holandesa y la base de datos rumana. Derecha: Gráficos de dispersión y tendencia con la edad de dos medidas corporales: contorno del busto y longitud de brazo.

Metodología para generar medidas adicionales mediante 'poses sintéticas' y entrenamiento de marcadores.

Dado que el dataset rumano contiene una única postura, el IBV plantea una nueva metodología para poder extraer medidas adicionales generando posturas sintéticas a partir de cada escaneo. La metodología se

Antropometría 3D (ANT)

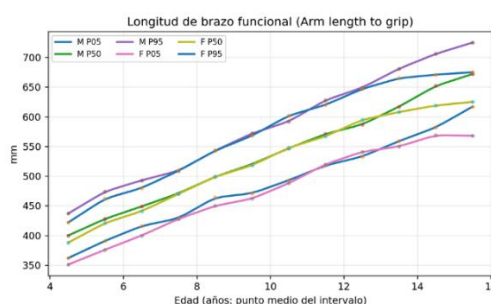
apoya en un template del IBV compuesto por una malla anatómica homóloga de 49.530 puntos y un esqueleto riggeado con 63 articulaciones.

Tarea 2. Metodología para la creación de tablas antropométricas integradas de la población infantil.

Los diseñadores de productos infantiles necesitan tablas antropométricas con percentiles de las medidas y su evolución con la edad. Los modelos de regresión tradicionales que asumen una distribución normal no son aplicables en este caso. Por ello se han generado algoritmos que utilizan modelos GAMLSS (Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape). Estos modelos ofrecen varias ventajas significativas para calcular los percentiles de medidas corporales en niños y su evolución con la edad. A diferencia de los modelos de regresión tradicionales, que asumen una distribución normal y se centran solo en la media (la "ubicación"), los GAMLSS permiten modelar no solo la media, sino también la variabilidad (la "escala") y la forma de la distribución de los datos.

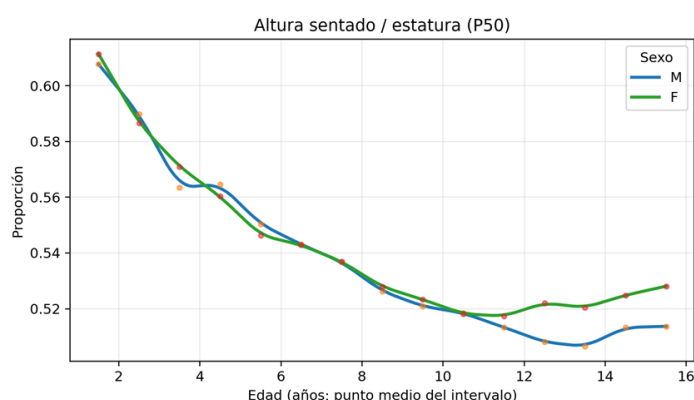
Tarea 3. Curvas de crecimiento y proporciones antropométricas de la población infantil europea.

Una vez generada la base de datos antropométrica de la población infantil se han obtenido las curvas de crecimiento medias y extremas de la población europea que muestran la evolución de las medidas antropométricas con la edad para niños y niñas.



Longitud de brazo funcional (Arm length to grip) (mm) — P05, P50, P95 (curvas suavizadas).

Se ha analizado también la evolución de las proporciones corporales con la edad, puesto que tienen relevancia en la ergonomía y tallaje de productos infantiles.



Evolución de la proporción Altura sentado / Estatura (P50).

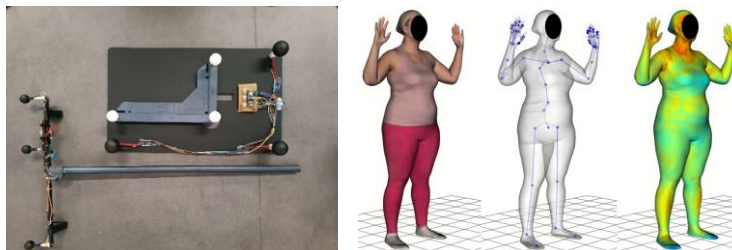
Laboratorios para actividades de I+D independiente en ANT

Actualización del laboratorio HAL

- *Desarrollo de algoritmos y modelos de calibración que combinan capturas 4D y cámaras térmicas:* Se han desarrollado útiles de calibración en luz visible (varilla esfera negra y sistema de referencia), diseñados para ser geométrica y funcionalmente equivalentes a los patrones

Antropometría 3D (ANT)

empleados en el rango infrarrojo durante la calibración de cámaras térmicas. Esto permite realizar la calibración conjunta de ambos subsistemas (módulos de escaneo 4D y red de cámaras térmicas) en un mismo volumen de trabajo, garantizando que todos los sensores queden referidos a un sistema de coordenadas común.



Izquierda: Útil de calibración térmico (varilla) y sistema de referencia combinado.

- *Mejoras en el diseño del sistema de escaneo 4D portable:* Cada vez es más frecuente la necesidad de escanear usuarios fuera de las instalaciones del IBV. Hasta ahora, se ha utilizado un prototipo rudimentario con adaptaciones de la tecnología de escaneo corporal 4D para un proyecto específico que requería de personal muy especializado para su montaje y traslado que requerían 2-3 días de instalación, configuración y calibración. En 2025 se ha mejorado considerablemente esta versión 'portable' del laboratorio de escaneo 4D con el objetivo de medir fuera del IBV de forma ágil, eficiente y robusta.

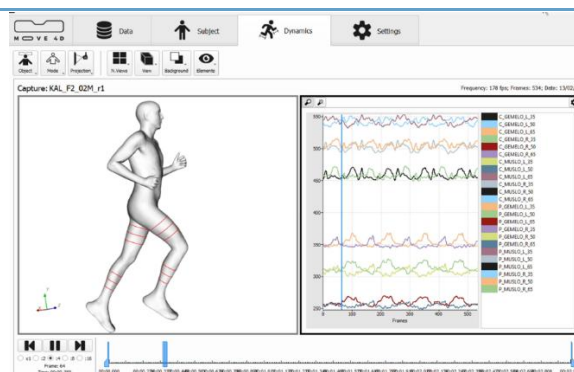


Montaje de la primera versión del escáner corporal 4D portable.

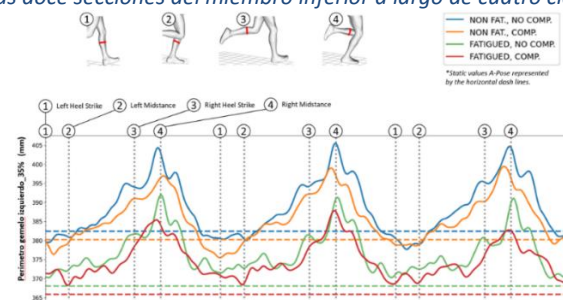
Puesta a punto y adecuación de equipamiento y software

Algoritmos de evaluación de la deformación dinámica de secciones corporales:

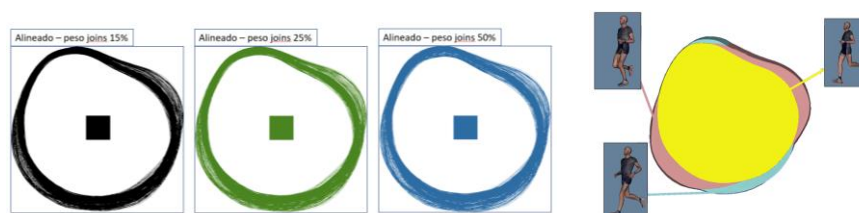
El objetivo de esta actividad ha sido definir y automatizar la extracción de parámetros que cuantifiquen la deformación del tejido blando a partir de escaneados 4D del cuerpo. Las 4 condiciones estudiadas combinan los siguientes factores: con/sin media de compresión de pierna completa y con/sin fatiga. La fatiga consistió en correr durante una hora a un ritmo medio de maratón.



Cálculo de las doce secciones del miembro inferior a largo de cuatro ciclos de carrera.



Perímetro del gemelo superior a lo largo de tres ciclos de carrera en las cuatro condiciones: con/sin prenda de compresión y con/sin fatiga.

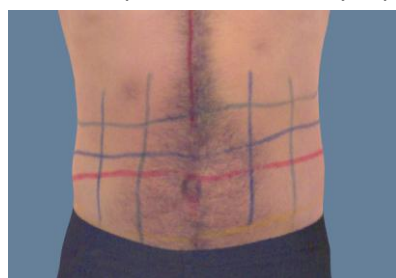


Izquierda: Superposición de todas las secciones de la zancada siguiendo tres criterios de alineación. Derecha: Detección de eventos del patrón de carrera sobre la variabilidad morfológica de las secciones.

Mejora de procedimientos de laboratorio

Protocolo para dataset multimodal

Se ha trabajado en un nuevo protocolo de ensayo que permite generar un conjunto de datos multimodal.



Nombre	Descripción
A-POSE POST	A-POSE capturada con MOVIE + TÉCNICA + PUSE antes de la rutina del protocolo.
A-POSE PRE	Pose de referencia para la detección de medidas corporales.
A-POSE	Se realiza en alta resolución para obtener el máximo detalle posible.
A-Gaiting	
Articulaciones	
B-Direct	
D-Gaiting	
Decubitus Supino	
Fit sequence	Referred to body movement during walking.
GAST	31 tests 180 photographs per second (180/60 = 3 seconds)...
GAST_0	
GAST_1	
JUMP	*The jump tests 270 photographs at 180 photographs per second (270/60 = 4.5 seconds). It is done at medium resolution to get the maximum capture frequency.
Postura relajada de pie	

Izquierda: Patrón dibujado sobre el torso para medir la vibración del tejido blando. Derecha: Listado de condiciones de escaneado del nuevo protocolo.

Captura de personas vestidas

Uno de los objetivos de investigación a medio plazo es el ajuste de escaneados 3D corporales en personas vestidas para poder medir los gaps entre la ropa y el cuerpo necesarios en la evaluación del ajuste dinámico de productos en entornos virtuales. En 2025 se ha explorado la aproximación metodológica a desarrollar en la captura de datos. Como resultado, se han establecido dos vías de trabajo: 1) Generación de datos sintéticos de personas vestidas en 2D y 3D mediante redes de IA y software de patronaje 3D y 2)

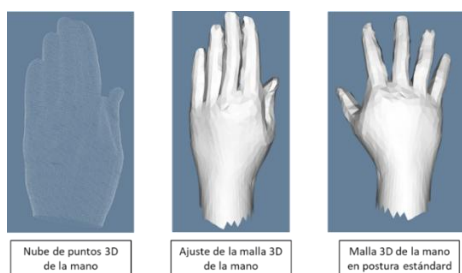
Antropometría 3D (ANT)

Captura 4D de personas vestidas y ajuste del modelo corporal interno mediante un modelo generativo de forma y pose.

Gestión del conocimiento en ANT

Mejora del modelo generativo de manos

Se ha recopilado una base de datos de 200 escaneados 3D de manos de hombres y mujeres escaneadas sobre un cristal con el pulgar completamente abierto y el resto de dedos juntos. Los escaneados en bruto consisten en una nube de puntos desestructurada y con numerosas oclusiones debidas a la postura de captura.



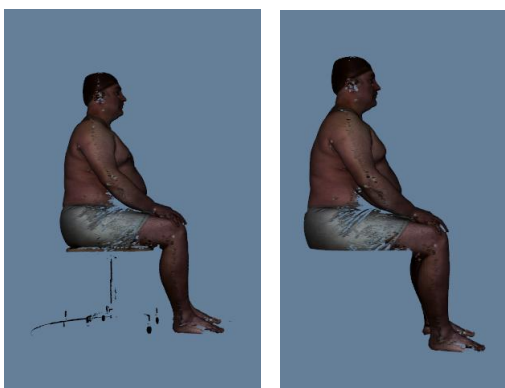
Proceso de ajuste 3D de la base de datos de manos.

Preparación y curación de datasets para entrenamientos de IA

Procesado de bases de datos en postura sentado:

El escaneado en postura sentado produce una deformación en el cuerpo relacionada con la interacción física asiento-persona. Por lo tanto, no es fiable la utilización de escaneados o modelos corporales capturados o generados en postura de pie para realizar evaluaciones ergonómicas en postura sentado.

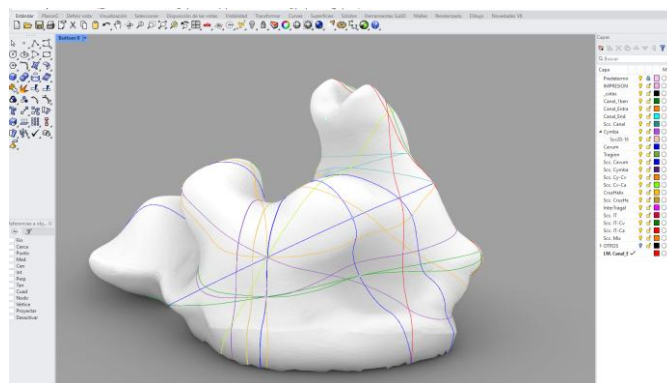
El IBV dispone de bases de datos (BBDD) de escaneados corporales en postura sentado con cerca de 10.000 usuarios. Para iniciar la metodología de procesado en postura sentado, se ha utilizado la base de datos CAESAR compuesta por 6.000 usuarios procedentes de EEUU, Países Bajos e Italia.



Izquierda: Escaneado con taburete. Derecha: Escaneado sin taburete tras la eliminación automática.

Dataset de escaneados 3D y dimensiones del oído interno y oreja:

Se ha recopilado una base de datos de 600 escaneados 3D de oídos, relevante para el diseño de dispositivos electrónicos *in-ear*, y se han extraído las dimensiones antropométricas clave.



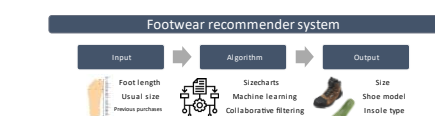
Cálculo automático de secciones y medidas antropométricas del oído.

Sesiones de discusión ANT

El conocimiento generado en ANT se puso en común en diferentes sesiones internas del IBV. En estas sesiones los investigadores del área compartían el conocimiento asociado a la participación en congresos o al desarrollo de proyectos de I+D. Estas sesiones permitieron, además de compartir los logros alcanzados de avance de conocimiento durante esta anualidad y obtener los aspectos técnicos a avanzar en el área las próximas anualidades.

A modo de ejemplo, se muestran imágenes de dos sesiones internas para compartir conocimiento relacionado con dos proyectos en ejecución en ANT.

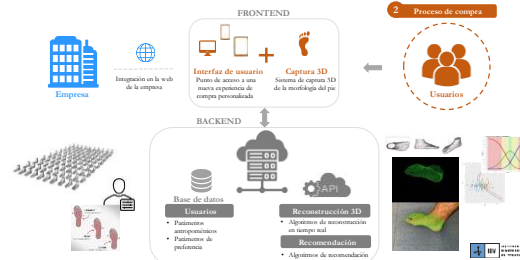
Objective



Challenges

- Data: Obtaining high-quality and comprehensive shoe fitting data.
- User profile: Diversity of foot morphologies and individual user preferences.
- Product profile: Continuous renewal and modification of shoe models imposed by fashion trends.

Ecosistema E-Size



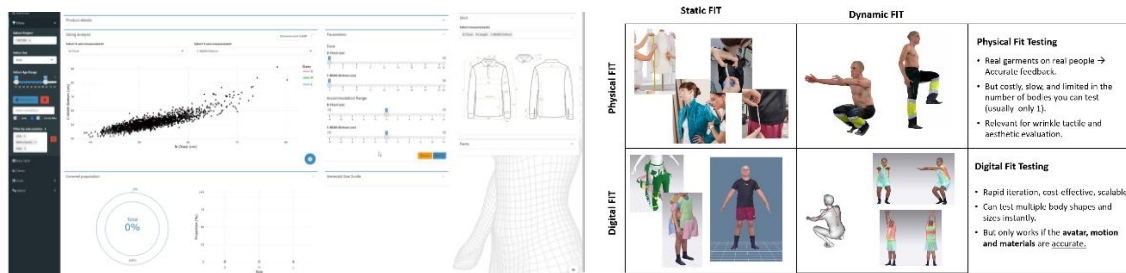
Imágenes ejemplo de las sesiones internas sobre conocimiento en Antropometría.

Talleres para divulgar el conocimiento de antropometría a nivel externo

Se prepararon dos sesiones sobre el avance y líneas de futuro en la antropometría aplicada a la indumentaria.

- Application of Anthropometric Big Data for improving apparel design and sales processes.
- 4D Human Body Scanning: Redefining Apparel Fit Through Dynamic Digital Human Modelling.

Antropometría 3D (ANT)



Imágenes de los talleres de conocimiento.

Los talleres se realizaron en formato webinar con más de 90 participantes registrados.

Actualización de la hoja de ruta ANT

En 2025 la actualización de la hoja de ruta de antropométrica se centró en el escaneado 4D de la cara/cabeza motivada por dos necesidades de avances en investigación: 1) la necesidad de aumentar la base de datos antropométricas de la cara y cabeza y 2) mejorar el realismo del modelo de cara en escaneados de cuerpo completo en aplicaciones audiovisuales. Tras realizar una revisión de los sistemas de escaneado existentes, recabar ejemplos y analizar las aplicaciones, se decidió desarrollar un sistema de captura propio, puesto que ninguna tecnología disponible en la actualidad, cumple con los requerimientos de las líneas de investigación de ANT.

Vigilancia científico-tecnológica en ANT

Identificación de conocimiento interno existente en el IBV y revisión de conocimiento externo

Conocimiento sobre World Models (WM) aplicados a digital human Modelling (DHM)

Los WM representan un paradigma emergente en inteligencia artificial que busca que los sistemas aprendan representaciones internas del mundo que les permitan predecir consecuencias de acciones y planificar comportamientos futuros. Aunque su aplicación específica en DHM es incipiente, existe un potencial transformador significativo para mejorar las simulaciones en ergonomía, biomecánica, confort y seguridad.

La integración de WM en el ámbito del DHM representa un cambio de paradigma fundamental en cómo concebimos y desarrollamos sistemas de simulación humana, representan una evolución hacia gemelos digitales cognitivos capaces de internalizar no solo las leyes de la física y la biomecánica, sino también estrategias motoras, límites de confort y mecanismos de adaptación propios del comportamiento humano real.

En primer lugar, el **módulo de percepción** debe transformarse en un codificador biomecánico que represente de forma compacta el estado completo del sistema humano: configuración esquelética, capacidades musculares, niveles de fatiga y contexto espacial de la tarea. Esta representación latente ha de capturar la diversidad antropométrica y funcional de las poblaciones humanas manteniendo eficiencia computacional, apoyándose en arquitecturas como Variational Autoencoders o Graph Neural Networks para explotar la estructura articulada del cuerpo.

El segundo componente, el **módulo predictivo**, debe modelar las dinámicas biomecánicas y ergonómicas que gobiernan la evolución temporal del estado humano, incluyendo tanto transiciones posturales inmediatas como procesos más lentos de fatiga y adaptación. La integración de conocimiento previo mediante enfoques physics-informed permite garantizar coherencia física y mejorar la generalización con datos limitados, mientras que formulaciones probabilísticas capturan la variabilidad interindividual en las estrategias motoras.

Finalmente, el **módulo de control** se orienta a la evaluación predictiva de diseños y generación de comportamientos humanos realistas, permitiendo simular interacciones humano-producto, estimar

Antropometría 3D (ANT)

esfuerzo y confort, y optimizar parámetros de diseño sin recurrir a simulaciones físicas costosas. La verdadera promesa de este enfoque reside en su capacidad de aprendizaje continuo y personalización, aunque persisten limitaciones importantes relacionados con la escasez de datos multimodales de alta calidad, de ahí la importancia de generar datos, la cuantificación de incertidumbre y las consideraciones éticas. En resumen, la integración de WM en DHM supone una reconceptualización profunda del campo, con un potencial transformador significativo para la ergonomía y el diseño centrado en el ser humano.

Identificación de referentes externos al IBV de interés estratégico para realizar actividades de colaboración en ANT

- **Purdue University (EEUU):** Se ha organizado junto a la Universidad de Purdue una Special Session sobre antropometría en el Human Computer Interaction International Conference (HCII 2025) celebrada en Chicago.

S285: 3D/4D Body scanning methods applied to ergonomic design of products and environments

Room: R2

Chair: Sandra Alemany, *Spain*

- **Statistical 3D Body Shape Predictions for Standardisation of Digital Human Modelling Tools**
Erik Brolin, Estela Perez Luque, Aitor Iriondo Pascual, *Sweden*
- **Methodology to assess soft tissue displacements in sports practice using 3D scan data in motion: An exploratory study of the effects of compression garments in running**
Alfredo Remon, Javier Gamez-Paya, Alfredo Ballester, Salvador Pitarch-Corresa, Sandra Alemany, *Spain*
- **Investigating the Impact of Exoskeletons in the Workplace and Improving Inclusive Design by Accommodating for Anthropometric Differences**
Marcus Yung, Amin Yazdani, *Canada*
- **Human Factors in Ambulance Design: Consideration of Occupation-Specific Anthropometrics to Prevent Paramedic Injuries**
Amin Yazdani, Marcus Yung, *Canada*
- **Using 3D and 4D Body Scanning to Model Thermal Comfort - Modelling Aspects**
Ingrid Estefany Peraza, Yordan Kyosev, *Germany*; Cosmin Copot, *Belgium*; Ann-Malin Schmidt, *Germany*
- **3D Dynamic Hands: A system for data collection & data extraction for industrial workers to create ergonomic manufacturing environments**
Vanessa Segura Duque, Linsey Griffin, *United States*
- **Implementing 3D Body Scanning Methods for Inclusive Swim Cap Design and Sizing**
Fatma Baytar, Yoon Yang, Mona Maher, Ivania Rivera, Sujin Yoo, Saira Patel, *United States*

Programa de la Special Session organizada por el IBV en el HCII 2025.

- **Conestoga Collegue (Canadá):** Se ha establecido una línea de colaboración para realizar un estudio antropométrico de la población adulta enfocada al diseño de los puestos de trabajo del futuro.
- **TU-Dresden (Alemania):** Han participado en la validación de algoritmos para el cálculo de medidas antropométricas dinámicas desarrollados por el IBV.
- **Cooperación con el Departamento Estadística e Investigación Operativa de la Universitat Jaume I (UJI).** Se ha realizado una exploración de métodos estadísticos para el análisis de la forma corporal a partir de datos 3D de landmarks, enmarcados en el espacio de formas 3D de Kendall
- **Asociación de Cineantropometría (ISAK-UCAM).** Ha continuado la colaboración mediante la preparación de un artículo sobre fiabilidad de la predicción de composición corporal medida mediante antropometría manual y antropometría digital 1D/3D.
- **Universidad de Ottawa (Canadá):** Se han realizado varios talleres de puesta en común de líneas de investigación y aplicaciones de la antropometría y escaneado corporal 4D.

Participación en redes de I+D

El grupo de ANT participa en tres redes de I+D:

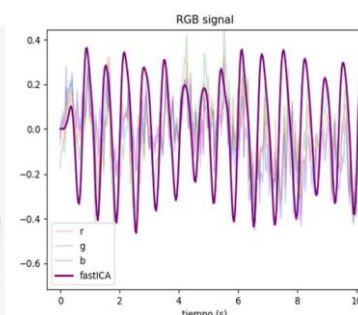
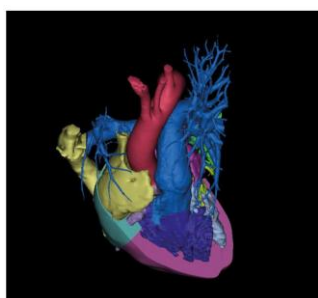
Antropometría 3D (ANT)

- *IEEE - Industry Connections and Standards Group for 3D Body Processing (3DBP)*. El IBV participa en el grupo normativo de escaneados 3D que incluye calidad, inter-operabilidad y formatos.
- *International Ergonomics Association (IEA)*: El IBV participa como co-chair del comité técnico de Antropometría junto con la investigadora principal en antropometría de la US ARMY. En 2025 se han organizado tres webinarios sobre antropometría.
- *WEAR (World Engineering Anthropometry Resource)*: La actividad se ha centrado en plantear el futuro de WEAR orientado a la estandarizar la forma de medir y representar los datos de ajuste de productos.

Salud Digital (SD)

Aplicaciones de conocimientos sobre la fisiología de los sistemas corporales y la anatomía humana, incluyendo desde el análisis de las señales bioeléctricas y la imagen médica, a la incorporación de la “experiencia del paciente” (Patient Reported Outcomes Measures PROMs y Patient Reported Experience PREMs) en la mejora e innovación de los procesos asistenciales y de los productos y servicios en el Sector Salud. Todo ello orientado a la medicina de vanguardia y a la medicina basada en el valor.

Salud Digital (SD)



Actividad de I+D propia del IBV durante 2025 en SD

Actividad de I+D no financiada

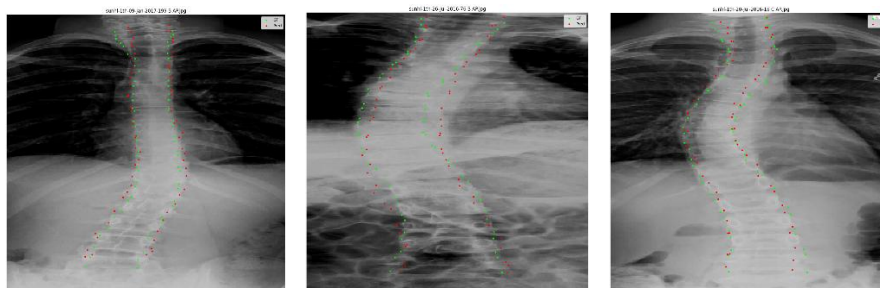
Modelos predictivos de salud basados en bases de datos clínicas de variables de interés pronóstico para las actividades de I+D de SD

T1. Arquitecturas de RRNN para la generación de modelos predictivos

La tarea T1 se centra en el diseño, adaptación y validación de arquitecturas avanzadas de redes neuronales para la generación de modelos predictivos en el ámbito de la Salud Digital, con especial énfasis en el tratamiento de datos complejos, multimodales y temporales.

RRNN aplicadas a imagen médica

Se ha desarrollado y validado un pipeline completo de visión por computador en *PyTorch* para la detección automática de *landmarks* anatómicos en imágenes médicas, con foco en vértebras en radiografías de columna. Este trabajo combina aprendizaje incremental, uso de redes pre-entrenadas y técnicas avanzadas de *data augmentation*, lo que ha permitido obtener capacidades propias en inteligencia artificial (IA) aplicada a imagen médica.



Resultados de landmarks reales (verde) y predichos (rojo)

RRNN aplicadas a señales fisiológicas – Modelo de estrés

Se ha realizado un análisis estadístico estructurado, con el objetivo de comprobar, con datos reales, que el protocolo de inducción de estrés produce cambios fisiológicos consistentes entre fases y, en paralelo, definir un conjunto mínimo y robusto de variables de ajuste (covariables) para evitar introducir

Salud Digital (SD)

complejidad innecesaria en el entrenamiento de modelos para la estimación del nivel de estrés a partir de señales fisiológicas.

Se evaluaron 27 parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca (*Heart Rate Variability* - HRV) a lo largo de las fases del protocolo (Reposo basal, Estresor, Recuperación), utilizando un enfoque que permite comparar fases manteniendo la consistencia al tratarse de medidas repetidas por sujeto. Se probaron modelos con distinta complejidad, comenzando por un modelo base (fase + sexo + edad) y ampliándolo con bloques de variables físicas (por ejemplo, IMC) y psicológicas (por ejemplo, las puntuaciones de General Health Questionnaire, o Perceived Stress Scale), para comprobar si aportaban valor explicativo adicional.

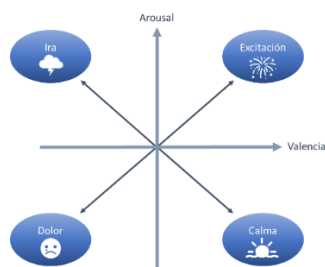
Resultados principales (relevantes para el diseño de modelos predictivos):

- El protocolo mostró un efecto fisiológico claro en la gran mayoría de parámetros HRV. En concreto, se observó efecto significativo de la fase en 21 de 27 variables, confirmando que el protocolo induce cambios fisiológicos consistentes entre reposo, estresor y recuperación.
- Los cambios por fase fueron especialmente robustos ($p < 0,001$) en variables de frecuencia cardíaca (media, máximos, mínimos), intervalos entre latidos (mean_nni y median_nni) y métricas de variabilidad rápida asociadas al control vagal, como RMSSD, SD1, SDSD y pNNI20/pNNI50, además de algunas métricas geométricas (por ejemplo, CVI y triangular index) y componentes espectrales como HF y VLF.
- Por el contrario, determinadas métricas no mostraron un efecto robusto o consistente en este contexto (por ejemplo, LF, ratio LF/HF, CSI y SampEn), y por tanto no se han priorizado como variables núcleo para el entrenamiento inicial de modelos.
- La edad fue un factor relevante, con impacto significativo en 16 de 27 parámetros, por lo que se consolidó como covariable de ajuste necesaria para interpretar cambios entre fases sin sesgo por diferencias interindividuales.
- Las variables antropométricas (peso, altura, IMC) y hábitos de vida no aportaron mejora práctica del ajuste en este contexto, y su inclusión tendía a aumentar la complejidad sin beneficio claro.
- En la comparación por criterios de parsimonia (BIC), el resultado fue consistente: en 22 de 27 variables el mejor modelo fue el base (fase + sexo + edad), y solo en 5 variables de variabilidad vagal rápida (pNNI20, pNNI50, RMSSD, SD1, SDSD) mejoró el ajuste al añadir la puntuación del General Health Questionnaire (GHQ_total) como indicador global de malestar.
- De forma complementaria, el estrés percibido (PSS) mostró asociación significativa con un subconjunto de métricas vagales rápidas (pNNI50, RMSSD, SD1, SDSD), reforzando la idea de que la información psicológica añade valor de forma selectiva y no generalizada a toda la HRV.

RRNN aplicadas a señales fisiológicas – Modelo emocional

El trabajo desarrollado tiene como objetivo construir un sistema capaz de predecir estados emocionales mediante la integración de múltiples señales fisiológicas y comportamentales.

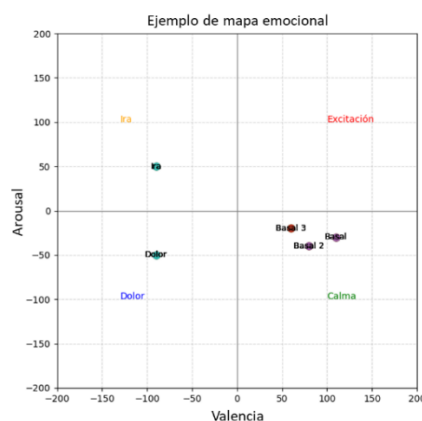
En primer lugar, se realizó una revisión de la literatura científica disponible sobre modelos emocionales de arousal y valencia que combinan variables de respiración, unidades de acción facial (AUs), variables de variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y escalas autoreportadas.



Cuadrante Arousal y Valencia. Vectores utilizados como etiquetas para en entrenamiento de los modelos.

Salud Digital (SD)

Cada puntuación subjetiva genera un vector cuya magnitud es proporcional a la intensidad de la emoción. La suma de los cuatro vectores proporciona un vector emocional resultante por tramo temporal, del cual se obtiene la magnitud y el ángulo, que representan de manera continua la intensidad emocional y la ubicación del estado afectivo en el plano valencia–arousal. Este procedimiento ofrece una representación emocional más coherente, continua e interpretable que el uso directo de las escalas.



Ejemplo de representación de los datos de un usuario.

RRNN aplicadas al pronóstico de la incapacidad temporal

Para demostrar la viabilidad de la predicción personalizada y el soporte a la decisión clínica en el ámbito de la salud laboral, diseñamos y entrenamos una Red Neuronal Recurrente (RNN). Este tipo de arquitectura es ideal para el análisis de series temporales, como las que componen la historia clínica de un paciente (entradas numéricas y tabuladas, excluyendo texto libre).

El modelo fue entrenado en una gran base de datos longitudinal con el doble objetivo de predecir:

- La duración futura de la baja médica clasificada en seis tramos de tiempo (desde menos de 30 días hasta más de 365 días).
- La probabilidad de que el paciente obtenga el alta en el próximo mes.

T2. Modelos de lenguaje para el curado de bases de datos

El objetivo de esta tarea es consolidar y escalar un flujo de curado semiautomatizado para datos clínicos que combine NLP “clásico” y LLM, con tres objetivos: 1) limpieza y normalización robustas, 2) etiquetado y estandarización semántica, 3) transformación de texto a formatos tabulares y a representaciones vectoriales reutilizables por modelos de ciencia de datos en salud. A continuación, se resumen los trabajos realizados.

Normalización y calidad de texto (NLP clásico): se diseñó e implantó un pipeline determinista que resuelve los principales problemas de los historiales: paso a minúsculas, eliminación de acentos y caracteres no Unicode, limpieza de saltos y espacios, corrección de grafías y expansión controlada de abreviaturas médicas. Además, la expansión de siglas se apoyó en un diccionario reconocido y se aplicó una política conservadora: solo se codificaron siglas con significado unívoco o con ambigüedad resuelta por probabilidad contextual, evitando introducción de ruido semántico.

Extracción determinista y estandarización clínica: sobre el texto normalizado se implementó detección por diccionario de pruebas y medicación, normalizando fármacos con su código ATC y etiquetas funcionales (por ejemplo, analgesia, antiinflamatorio), con referencia a repertorios farmacológicos. Este módulo aporta trazabilidad y comparabilidad longitudinal entre cohortes.

Lecciones del NER biomédico: se evaluaron recursos y modelos NER de interés (Revista Médica de Chile para selección léxica especializada, corpus HUMADEx, Stanza ib2b con categorías

Salud Digital (SD)

PROBLEM/TEST/TREATMENT). La experimentación evidenció limitaciones para castellano generalista y dominios amplios: escasez de corpus en español, especificidad temática y errores de etiquetado en términos clínicamente irrelevantes o fragmentarios, lo que aconseja un enfoque híbrido con reglas y validación cruzada.

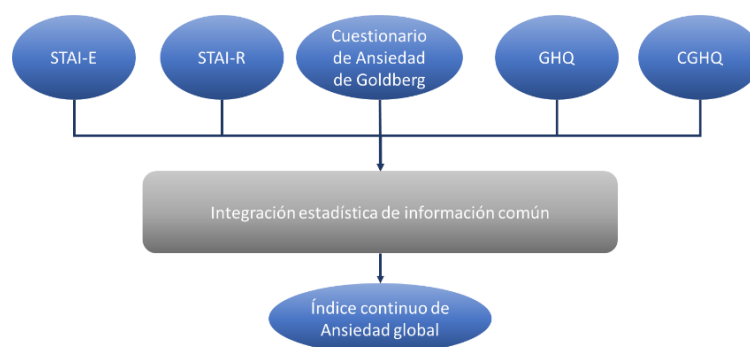
LLM locales para etiquetado y enriquecimiento semántico: para preservar confidencialidad se descartó el uso directo de servicios de terceros y se apostó por despliegue local con Docker, Ollama y OpenWebUI, evaluando modelos DeepSeek r1-7b y r1-8b por su equilibrio rendimiento-recursos. Esta arquitectura permite integración programática, control de versiones de prompts y operación “on-premise” sin exfiltración de datos. Sobre esa base se definieron prompts específicos por tarea clínica para extraer listas normalizadas en español de antecedentes, síntomas, tratamientos, pruebas, alergias, áreas de dolor, evolución y resultados de exploración, incorporando directrices anti-alucinación y manejo de negaciones.

T3. Identificación de variables pronóstico

En el ámbito psicométrico se ha llevado a cabo una revisión detallada de los principales cuestionarios estandarizados empleados en la evaluación de ansiedad, estrés y malestar psicológico. Se han analizado el STAI en sus componentes de estado (STAI-E) y rasgo (STAI-R), el cuestionario de Goldberg de Ansiedad y Depresión, el General Health Questionnaire (con sus dos variantes GHQ y el CGHQ e incluyendo sus subescalas) y la escala PSS-14 de estrés percibido en el último mes. Para cada instrumento se han revisado los constructos evaluados, el formato de respuesta, los métodos de puntuación (puntuaciones globales y por subescala) y los puntos de corte descritos en la literatura para definir *caseness* (casos según los resultados de las escalas). Sobre esta base se han identificado las variables derivadas más relevantes desde el punto de vista pronóstico, como puntuaciones continuas e indicadores dicotómicos de presencia/ausencia de ansiedad clínicamente significativa que permiten caracterizar mejor la vulnerabilidad de rasgo, la ansiedad estado y el estrés percibido reciente.

En paralelo, se ha elaborado una revisión del estado del arte sobre el uso de señales fisiológicas y técnicas de inteligencia artificial en la detección y monitorización de los trastornos de ansiedad.

Además de la revisión psicométrica y fisiológica, se ha realizado un trabajo específico para integrar la información procedente de los distintos cuestionarios de ansiedad, estrés y malestar emocional en indicadores que permitan describir de forma clara y homogénea el nivel de ansiedad de cada participante.



Esquema de definición del índice continuo de Ansiedad definido.

Este índice permite ordenar a la muestra en un gradiente continuo de carga ansiosa, desde niveles muy bajos hasta niveles elevados, facilitando comparaciones y análisis posteriores. Tal como se observa en su distribución, los participantes que auto-referían ansiedad tienden a situarse en la parte alta del gradiente, lo que ofrece una validación externa del índice y confirma que la estructura sintética captura adecuadamente perfiles clínicamente relevantes. No obstante, también se identifican casos puntuales en los que la puntuación en el índice y el autoinforme no coinciden plenamente, lo que permite detectar perfiles atípicos o posibles cambios recientes en el estado emocional del participante.

Salud Digital (SD)

En conjunto, el uso combinado del índice continuo aporta una representación integrada, sensible y clínicamente interpretable del perfil psicológico de la muestra. Esta aproximación proporciona una base robusta para el estudio de la relación entre ansiedad y señal fisiológica, así como para el desarrollo de futuros modelos de predicción multimodal.

Laboratorios para actividades de I+D independiente en SD

Mantenimiento de laboratorios

Durante la anualidad se ha mantenido la actividad de vigilancia y revisión del equipamiento del laboratorio, incorporando un análisis de dispositivos wearables para monitorización fisiológica con aplicación en salud mental, estrés y ansiedad. El objetivo ha sido orientar decisiones de mantenimiento y futuras adquisiciones en función de la calidad de señal, accesibilidad a datos y viabilidad de uso en estudios reales.

La revisión permitió clasificar los dispositivos disponibles en bandas de pecho basadas en ECG, plataformas de prototipado multimodal y wearables comerciales. Las bandas de pecho (Polar H10, Firstbeat Bodyguard2) se identifican como la opción de mayor fidelidad para el análisis de HRV, especialmente en entornos controlados, aunque presentan limitaciones de comodidad para monitorización prolongada. Las plataformas de prototipado como Bitalino ofrecen gran flexibilidad y riqueza de señal, pero su uso resulta poco compatible con estudios ecológicos. En paralelo, se constata que muchos wearables comerciales están orientados al bienestar o al deporte y no proporcionan acceso suficiente a datos para investigación.

A partir de una comparativa técnica interna que consideró tipo y calidad de señal, acceso a datos, evidencia científica, facilidad de integración, autonomía y coste, se concluye que, para los casos de uso del área de Salud Digital del IBV, las pulseras de la familia Empatica ofrecen el mejor compromiso global. Estos dispositivos combinan multimodalidad relevante para salud mental (PPG, EDA, acelerometría y temperatura), calidad de señal suficiente para el análisis de HRV y reactividad electrodérmica, acceso a datos crudos mediante APIs orientadas a investigación y un factor de forma adecuado para monitorización continua en condiciones ecológicas, especialmente en población con ansiedad.

Puesta a punto y adecuación de equipamiento y software

Cámara infrarroja de onda corta SWIR

Se ha incorporado y configurado un nuevo sistema de registro óptico basado en una cámara SWIR para la medida no invasiva de variables fisiológicas mediante fotopletiografía remota (rPPG). La cámara se ha configurado para operar a alta frecuencia de imagen, manteniendo una resolución espacial completa y estabilidad térmica mediante refrigeración activa, lo que la hace adecuada para registros prolongados.

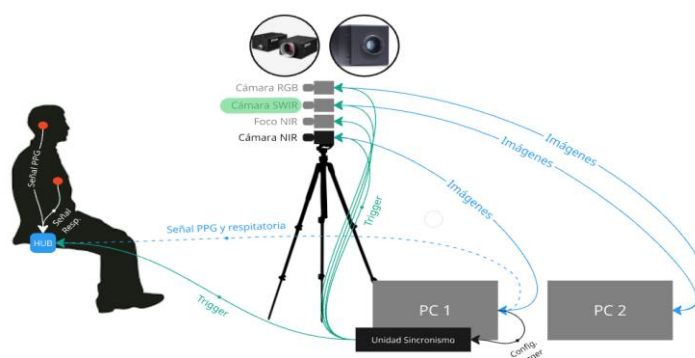
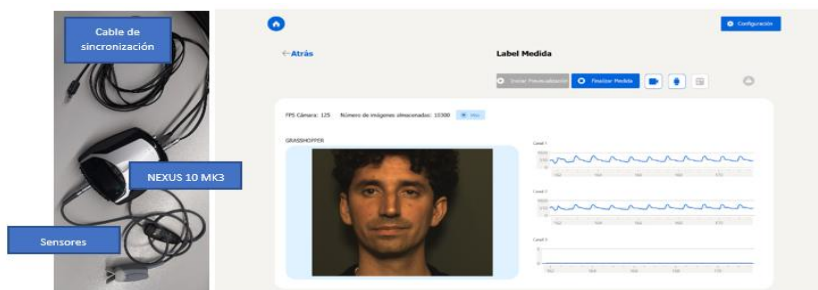


Diagrama de configuración de la nueva cámara SWIR.

Integración NEXUS 10 MK3 en App interna

Se ha integrado el dispositivo **NeXus | 10 MK3** directamente en la plataforma del IBV.

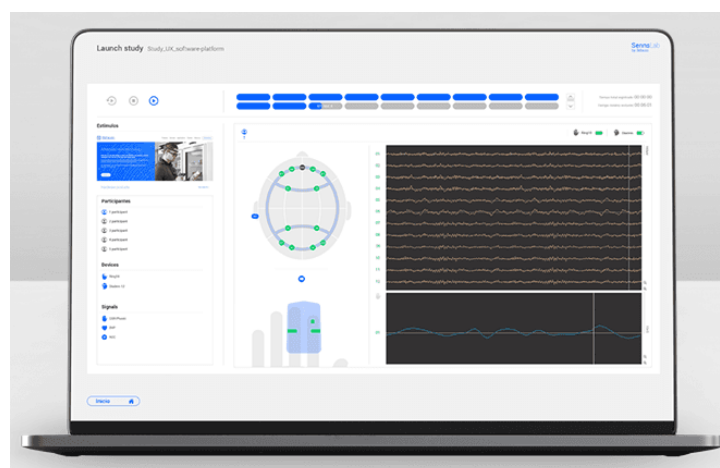
Esta arquitectura permite la creación de **bases de datos multimodales** coherentes, facilitando la fusión de datos (bioseñales + vídeo) para el desarrollo de algoritmos avanzados en los ámbitos de **salud digital y análisis de estados mentales**.



Sistema de registro de señales fisiológicas NEXUS integrado en Plataforma de registro y visualización propia.

Actualización SW Bitbrain

Durante 2025, se ha sustituido la antigua interfaz *Bitbrain Viewer* por **SennsLite**, que se establece como el nuevo estándar de referencia para el registro y visualización de señales de electroencefalografía (EEG).



Nuevo SW de registro Bitbrain.

Adquisición de pulseras inteligentes

El área de Salud Digital ha incorporado dos nuevas unidades de EmbracePlus para ampliar su capacidad de registro en estudios de salud mental y emoción.

Mejora de procedimientos de laboratorio

Registro y control de equipamiento

En primer lugar, se ha completado y verificado el inventario detallado de todos los equipos y sus componentes, asegurando su correcta identificación y localización dentro de los espacios asignados al área. Paralelamente, se ha mantenido operativo el sistema de gestión de préstamos, que permite conocer en todo momento a quién se ha prestado cada equipo y el proyecto de investigación en el que se emplea, tanto dentro del área de Salud Digital como en otras áreas del IBV.

Adecuación de sala específica para ensayos con alto control de ambiente

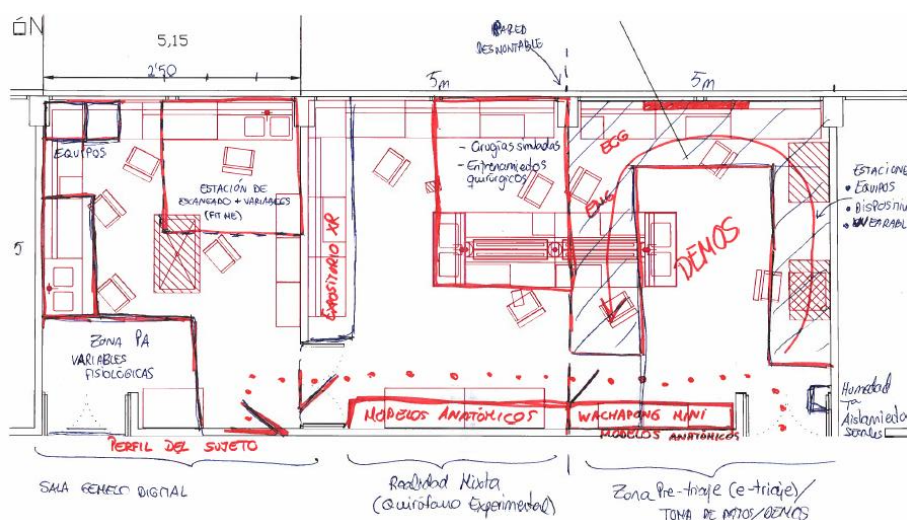
Para dar soporte a las actividades de I+D relacionadas con la monitorización de señales fisiológicas, se ha adecuado una sala pequeña totalmente insonorizada y aislada. Este espacio está diseñado para realizar ensayos que requieren un control excepcional sobre los estímulos ambientales. Su función es crítica para

Salud Digital (SD)

la medición de respuestas fisiológicas sensibles (como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la respuesta galvánica de la piel o el EEG) ante la presentación de estresores cognitivos o emocionales controlados. La anulación del ruido de fondo y la gestión precisa de los *inputs* sensoriales son vitales para evitar artefactos en la señal, garantizando la alta fidelidad y la validez de los datos necesarios para el desarrollo de algoritmos predictivos de estimación de estados mentales.

Ideación laboratorio Salud Digital dedicado

El área de Salud Digital tiene una vida relativamente corta dentro del centro (3-4 años). Si bien durante este periodo inicial hemos aprovechado eficazmente los recursos y espacios de laboratorios compartidos, la especialización de nuestra Hoja de Ruta, exigen dar un paso adelante. Para impulsar la investigación y la experimentación en condiciones controladas, es imprescindible dotar al área de un Laboratorio de Salud Digital independiente y especializado. Para garantizar que el diseño del espacio se alinee con la visión multidisciplinar del centro y las necesidades de I+D de SD, se llevó a cabo una sesión de co-creación y diseño participativo con los equipos implicados en la que cada miembro del equipo propuso su idea de distribución y requisitos técnicos.



Ejemplo de propuesta de distribución del laboratorio, sesión de co-creación.

Gestión del conocimiento en SD

Gestión de datos, herramientas e información

Esta tarea, al tratarse de una actividad común a las cinco AAC, se describe de manera única tras la tabla correspondiente a UX y previamente a la tabla BASE, en el apartado *Gestión de datos en el IBV*.

Generación conocimiento en variables fisiológicas y de estados mentales

Se ha trabajado en la gestión de datos, herramientas e información y en la generación de conocimiento específico en ansiedad, con el objetivo de que toda la información recopilada se traduzca en nuevas capacidades científicas y tecnológicas. Para ello se han realizado las siguientes acciones:

1. **Estandarización de Procesado:** Hemos unificado y documentado los *pipelines* de procesado de datos (limpieza, segmentación, extracción de características) para asegurar que sigan criterios comunes en todos los proyectos de ansiedad, aumentando la comparabilidad y replicabilidad.
2. **Base de Datos Unificada:** Se ha integrado y armonizado toda la información disponible (registros fisiológicos, cuestionarios psicométricos, datos demográficos/clínicos) en una base de datos completa y homogénea. Esta base permite la explotación conjunta y es el punto de partida estable para el desarrollo de modelos estadísticos y de IA.

Salud Digital (SD)

3. **Ampliación y Calidad de la Muestra:** Hemos continuado la monitorización, ampliando la muestra de sujetos con diferentes niveles de ansiedad. Se han revisado los protocolos de registro para mejorar la calidad de las señales y se han implementado *pipelines* para generar tablas analíticas listas para el modelado. Un primer análisis estadístico ha permitido identificar variables fisiológicas que discriminan consistentemente la ansiedad.
4. **Activos de Conocimiento Generados:**
 - a. **Revisión del Estado del Arte:** Exhaustiva revisión sobre bioseñales, procesamiento de señales y técnicas de IA aplicadas a trastornos de ansiedad.
 - b. **Catálogo de Cuestionarios:** Priorización de cuestionarios psicométricos (ej. STAI-E/R, PSS-14) relevantes para nuestros casos de uso.
 - c. **Inventario de Dispositivos:** Catálogo de wearables y dispositivos de monitorización fisiológica (ECG/HRV, EDA) con análisis de su grado de madurez y adecuación clínica.
 - d. **Base de Datos Estructurada:** Muestra armonizada de sujetos con/sin sintomatología de ansiedad, lista para modelado predictivo.
 - e. **Recursos Internos:** Conjunto de scripts, *pipelines* y guías para replicar y extender análisis.

Preparación de propuestas de proyectos de I+D en SD

La formulación de propuestas de I+D de las diferentes convocatorias autonómicas, nacionales y europeas ha requerido una gestión del conocimiento para establecer el estado del arte, definir las innovaciones y adaptar a las tendencias actuales.

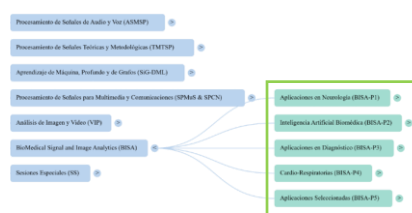
Sesiones de discusión SD

El conocimiento generado en SD se puso en común en diferentes sesiones internas del IBV. En estas sesiones los investigadores del área compartían el conocimiento asociado a la participación en congresos o al desarrollo de proyectos de I+D. Estas sesiones permitieron, además de compartir los logros alcanzados de avance de conocimiento durante esta anualidad y obtener los aspectos técnicos a avanzar en el área las próximas anualidades.

A modo de ejemplo, se muestran imágenes de dos sesiones internas para compartir conocimiento relacionado con un congreso (EUSIPCO 2025) y un proyecto en ejecución en SD.

PRESENTACIÓN DEL CONGRESO

Temáticas de interés



PONENCIA PRESENTADA

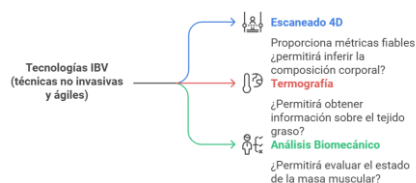


Objetivos específicos IBV

- Tecnologías de escaneado 3D/4D:** uso del escáner MOVER4D para evaluación de la obesidad, a expensas de protocolos sencillos, no invasivos y que no someten a la persona a radiación ionizante. Adicionalmente, uso de la app 3DAvatarBody, para evaluar el morfotipo de la persona (seguimiento).
- Tecnologías de análisis biomecánico portables o sin marcadores:** uso de tecnologías sin marcadores y basadas en sensores portables que calculen, la capacidad de ejecutar o no una actividad, la calidad y el patrón biomecánico, para orientar acerca del estado de la masa muscular esquelética.
- Termografía y termotipo en obesidad:** estudios recientes apuntan a que puede ser una herramienta potencialmente útil en la determinación de la distribución de grasas, y como tal podría utilizarse como un input novedoso y de valor.



Objetivos específicos IBV



Salud Digital (SD)

Actualización de la hoja de ruta SD

La actualización se centra en las tendencias clave (2023-2025) en Ciencia de Datos (regulación, IA avanzada y privacidad) y Monitorización Extrahospitalaria (cuidado crónico y salud mental digital), definiendo el contexto estratégico de nuestra hoja de ruta.

Ciencia de Datos en Salud: Regulación, IA Avanzada y Privacidad

La gestión masiva de datos sanitarios se ha consolidado como el pilar estratégico de la Salud Digital. Las tendencias clave se centran en la interoperabilidad, la explosión de la Inteligencia Artificial (IA) y la protección de la privacidad en el uso secundario de datos.



El Ministerio de Sanidad ha hecho pública la **Estrategia de Inteligencia Artificial del Sistema Nacional de Salud**, un documento clave que marca el rumbo de una IA fiable, ética y orientada al valor público.

La estrategia articula cuatro objetivos estratégicos que guiarán su despliegue:

- 1 **Mejorar la salud y el bienestar de la ciudadanía**, impulsando soluciones de IA que aporten valor real en prevención, diagnóstico y tratamiento.
- 2 **Apoyar a los profesionales sanitarios**, proporcionando herramientas que mejoren la toma de decisiones, reduzcan carga administrativa y refuercen su capacitación.
- 3 **Garantizar un uso ético, transparente y seguro de la IA**, asegurando protección de datos, supervisión humana y ausencia de sesgos.
- 4 **Promover un despliegue equitativo y cohesionado en todo el territorio**, mediante un modelo de gobernanza federada entre el Ministerio y las CCAA.

Un paso decisivo para avanzar hacia un SNS más inteligente, humano y eficiente.

Estrategia de IA para el Sistema Nacional de Salud (eIASNS).

Monitorización Extrahospitalaria y Salud Mental

El hogar se consolida como una extensión del hospital, y la tecnología se presenta como una aliada crucial para enfrentar la crisis de salud mental post-pandemia.

Vigilancia científico-tecnológica en SD

Vigilancia tecnológica relativa a tecnologías de registro, algoritmos y SW

A. Tecnologías de Registro y Captura (Sensing)

- Inteligencia Ambiental (Ambient Sensing).
- Biosensores Bio-integrados e Ingestibles.
- Neuro-tecnología de Consumo.

B. Algoritmia y Procesamiento de Datos

- Modelos de Lenguaje Médico Multimodales (Med-LMM).
- IA Causal.
- Graph Neural Networks (GNN).

Bases de datos explotables relacionadas con salud o calidad de vida

Se ha realizado un análisis de las bases de datos identificadas en SD, búsqueda realizada con el objetivo de contextualizar, complementar nuestros propios recursos e identificar líneas de avance. La búsqueda se ha centrado en dos pilares fundamentales: por un lado, repositorios de imagen médica y señales fisiológicas orientados a la salud mental y, por otro, la disponibilidad general de datos de salud poblacionales en España.

Identificación de referentes externos al IBV de interés estratégico

La identificación y el seguimiento de referentes externos de alto nivel constituyen un pilar fundamental para asegurar la competitividad y el liderazgo del IBV en el ámbito de la Salud Digital. Durante el presente

Salud Digital (SD)

periodo, esta labor se ha materializado en la consolidación de alianzas estratégicas con actores industriales de vanguardia, tales como Evidenze, VitalizeDX y Horus ML, cuya actividad está directamente alineada con las tendencias disruptivas de los sistemas de salud. Asimismo, se ha intensificado la colaboración científica con grupos de investigación de excelencia, entre los que destacan el grupo iPediTec (Fundación de Investigación del Hospital General), liderado por la Dra. Empar Lurbe, y el grupo Polibienestar de la UV, bajo la dirección de la Dra. Rosa María Baños.

Vigilancia de redes clínicas

Participación activa en el Congreso de la Sociedad Española de Medicina Física y Rehabilitación (SERMEF).

Seguimiento activo de la iniciativa ICHOM y su nivel de implantación como referente. A modo de resumen, en el último año, ICHOM ha avanzado sobre todo en tres frentes: nuevos sets de resultados (incluido un set de obesidad publicado en eClinicalMedicine), más evidencia de implementación de sus estándares en hospitales de varios continentes y una red más activa de proyectos y abstracts científicos presentados en su conferencia anual.

Vigilancia de tendencias en SD

Se han revisado los principales indicadores y referentes a nivel divulgativo, gestor, económico y empresarial en cuanto a tendencias en boga relacionadas con la salud digital:

- IA clínica y apoyo a decisiones.
- Monitorización remota y atención domiciliaria.
- Datos, interoperabilidad y espacios de datos.
- Salud mental digital y wearables.
- Gobernanza de datos y madurez tecnológica.

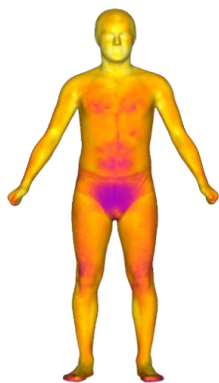
Además de la vigilancia a nivel digital se ha realizado una vigilancia proactiva asistiendo a diferentes foros/talleres/cursos relacionados con el área. A continuación, se resumen:

- Datos que salvan vidas: el poder de la IA en Salud.
- Generación, evaluación y uso de datos sintéticos.
- Jornada Smart Health Greece.
- European Signal Processing Conference 2025 – EUPSICO.
- VI Ciclo formativo cardiovascular: Anatomía quirúrgica aplicada.
- The IHET-AI 2025 International Conference: asistimos y presentamos trabajos científicos en el congreso:
 - “Mixed reality as a tool for enhancing precision in surgery planning”
 - “Connecting image and reality: the role of 3D printing in surgical planning”
 - “Advances in pulse rate variability (PRV) monitoring with rPPG: insights from unsupervised methods”
 - “Explore the nexus between physical and mental health: assessing stress through heart rate variability”
- JAIMA 2025. Jornada abierta de imagen médica avanzada viaje a la excelencia: embárcate con nosotros.
- Webinar ¿Cómo acelerar tu start-up de salud? webinar impartido por TECNALIA.

Factores Humanos (FH)

Aplicaciones de conocimientos sobre ergonomía, ingeniería emocional, ingeniería cognitiva, ingeniería sensorial, etc., al diseño de interfaces en vehículos, electrodomésticos, bienes de consumo, entornos de trabajo, etc.

Factores Humanos (FH)



Actividad de I+D propia del IBV durante 2025 en FH

Actividad de I+D no financiada

Plan de integración de Factores Humanos en el proceso de diseño de productos y entornos innovadores y alta interacción

Tarea 1: Definición de proceso normalizado de trabajo y marco metodológico del plan de integración de factores humanos.

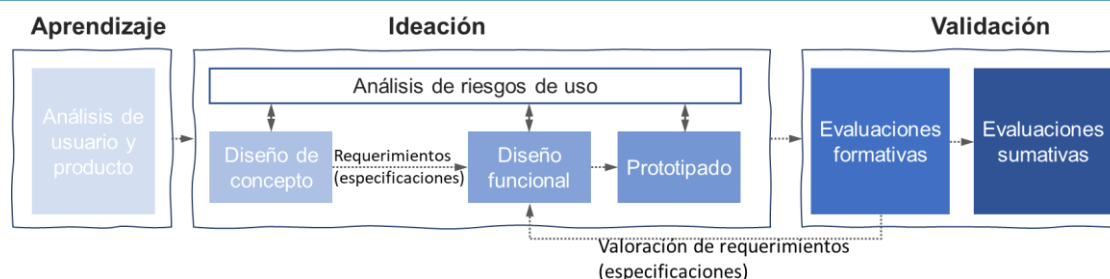
Se ha trabajado en desarrollar una estrategia, procedimientos y herramientas para integrar los factores humanos en la definición y verificación de los requerimientos en el proceso de desarrollo de un producto de uso humano, con el fin de garantizar que el diseño, la funcionalidad y la experiencia de uso se adapten a las capacidades, limitaciones, necesidades y comportamientos de las personas que van a emplear el nuevo producto. El planteamiento propuesto sigue los principios y actividades definidos en la norma *ISO 9241-210:2019 Ergonomía de la interacción persona-sistema. Parte 210: Diseño centrado en las personas para sistemas interactivos*. La implementación del Plan de Factores Humanos (PFH) se divide en tres fases secuenciales e iterativas: *Aprender*, *Idear* y *Validar*.

El PFH se ha concebido como un proceso secuencial e iterativo en sus etapas finales, en el que se establece la participación diferentes perfiles de personas: los usuarios que utilizarán el producto una vez desarrollado, los diseñadores, los técnicos especializados y los expertos en Factores Humanos (FH) y Experiencia de Usuario (UX).

Una vez determinada la necesidad a resolver, se establece el contexto de implementación del PFH. Este contexto incluye el producto a desarrollar, la caracterización de los usuarios a quienes va destinado y las características del entorno de uso que pueden repercutir en el diseño.

Tras este primer bloque, para garantizar el cumplimiento de la necesidad detectada, se ha planteado una metodología para la implementación del PFH basada en el establecimiento de unos requerimientos de diseño y la monitorización de su correcta implementación en el producto o servicio desarrollado a través de las tres fases del PFH. Una fase inicial de **Aprendizaje** centrada en el análisis del usuario y del contexto de uso del nuevo producto o servicio, una fase de **Ideación** en la que se recopilan y generan los requerimientos de los usuarios y se plasman en el producto o servicio y una fase de **Validación**, que evalúa el cumplimiento de los requerimientos establecidos a través de diversas evaluaciones formativas y una evaluación sumativa final.

Factores Humanos (FH)



Metodología del Plan de Factores Humanos (PFH)

La incorporación de un Plan de Factores Humanos (HFP) en el proceso de desarrollo de productos permitirá vincular el diseño técnico con la forma en que las personas realmente utilizan, perciben y adoptan el producto o servicio. La aplicación desde las primeras etapas del desarrollo del producto mejorará la usabilidad y la experiencia del usuario, reduciendo los riesgos y los errores, aumentando la eficiencia durante el desarrollo y el uso.

Tarea 2: Aplicación del proceso de integración de factores humanos a casos prácticos.

En esta tarea se han desarrollado herramientas de aplicación práctica para la implementación de estos conceptos en sectores clave. Se ha partido con su aplicación en productos de consumo altamente innovador que tuviese tanto una alta interacción física como cognitiva con el usuario. Tras el abordaje de esta actividad se planteó la detección de necesidades para la aplicación del PFH a sistemas avanzados de control y operación, asegurando una experiencia segura y eficiente.

En el ámbito de los productos de consumo altamente innovadores con incertidumbre inicial en su aceptación, se decidió establecer como caso práctico un wearable orientado a la práctica deportiva, seleccionando en concreto unas gafas que proyectan información en la lente durante la ejecución de la actividad. Este tipo de dispositivo plantea retos significativos en términos de factores humanos, como la usabilidad, la ergonomía, el confort, la carga cognitiva, la percepción de utilidad y la aceptación social, que son determinantes para su adopción más allá de la viabilidad tecnológica. Su aplicación en actividades deportivas como el remo o el ciclismo introduce además condiciones de uso exigentes y realistas, donde la interacción humano-sistema debe integrarse sin interferir en el rendimiento ni en la seguridad del usuario.

Por tanto, en este ejemplo de aplicación de los Factores Humanos se establece como necesidad a resolver poder **proporcionar a los deportistas información relevante en tiempo real durante la práctica deportiva**, mediante la integración de esta información en unas gafas que permita mantener las manos libres. El empleo de estas gafas debe ayudar a **mejorar su rendimiento, la eficiencia técnica y la toma de decisiones**, sin interrumpir la actividad ni aumentar la carga cognitiva o comprometer la seguridad.

Además de las demandas de los usuarios, en la definición de los requerimientos de diseño debe tenerse en cuenta el marco normativo de aplicación. Por esta razón, en esta anualidad se ha llevado a cabo una revisión de las normas aplicables al desarrollo de productos de uso humano que contemplan aspectos relacionados con el desempeño humano, la seguridad, la usabilidad y la interacción persona-sistema. Como resultado, se ha generado una matriz de trazabilidad en la que se incluyen todas las normas. La matriz de trazabilidad es un documento vivo desarrollado en formato hoja de cálculo, que permite seleccionar la normativa de aplicación a un producto determinado, establecer los requerimientos de diseño derivados, los peligros identificados, los riesgos asociados y las medidas de mitigación implementadas en el diseño del producto.

Además, en esta anualidad se ha desarrollado una plantilla estructurada para el registro y monitorización de las evaluaciones que se desarrollan en la fase de Validación del plan de Factores Humanos. Esta plantilla va a permitir la identificación unívoca de cada evaluación, asegurando la trazabilidad completa entre requisitos, evaluaciones realizadas y decisiones de diseño. El uso de esta plantilla asegura además que todas las evaluaciones se documentan de manera consistente y comparable, reduciendo la variabilidad metodológica.

Factores Humanos (FH)

La inclusión del nivel de confidencialidad contribuye a una gestión adecuada de la información sensible, alineada con requisitos éticos o normativos.

En cuanto a su aplicación en productos que involucren interacción con sistemas avanzados de control y operación, asegurando una experiencia segura y eficiente, se detectó la necesidad de abordar aspectos como la carga mental del operador y una mayor profundidad en la detección del error humano. Además, este tipo de sistemas pueden tener diferentes modos de funcionamiento como normal frente a degradado que tienen que abordarse en las diferentes pruebas con operadores. Otro aspecto fundamental de estos sistemas es la gestión de prioridades de la información mostrada por el sistema y alarmas que deben de abordarse desde el PFH. A nivel interacción física, para este tipo de sistemas deben de abordarse desde el enfoque de la salud laboral y ergonomía.

Optimización del Procesado de Imágenes Térmicas para su integración con técnicas clásicas de ensayo de propiedades físico-mecánicas de producto

Tarea 1. Definición de un flujo de trabajo optimizado para el procesado de imágenes térmicas de producto

Se ha definido un flujo de trabajo para la automatización de análisis termográficos. Para la definición del flujo de trabajo se ha analizado los requerimientos para las diferentes aplicaciones en varias áreas clave:

- Caracterización Termo-mecánica de equipos y materiales deportivos.
- Monitorización Térmica en Tiempo Real de Instalaciones Deportivas.
- Monitorización térmica 2D-3D.
- Fusión de tecnologías de visión en tiempo real, 3D y sistemas de seguimiento.



Flujo de trabajo para el procesamiento de imágenes térmicas en el sector del Deporte.

Tarea 2. Desarrollo de algoritmos para la integración de imágenes térmicas en su uso combinado con métodos tradicionales de caracterización producto.

Una de las tareas principales ha sido la mejora de técnicas de procesamiento de datos térmicos. En concreto, se ha analizado cómo mejorar la caracterización de los productos y materiales mediante el procesamiento de imágenes térmicas con técnicas de inteligencia artificial. La aplicación de técnicas avanzadas de inteligencia artificial y visión artificial a las imágenes térmicas nos permite extraer patrones e información para caracterizar todo tipo de productos objetivamente, sin contacto y en tiempo real.

Factores Humanos (FH)

Los algoritmos definidos se engloban dentro de la llamada visión artificial basada en imágenes infrarrojas (IRMV—Infrared Imaging-based Machine Vision), un término común para definir la tecnología utilizada para inspeccionar, detectar y analizar automáticamente imágenes (o videos) infrarrojos obtenidos al registrar la intensidad de la luz infrarroja emitida o reflejada por los objetos observados. Este concepto relaciona la termografía con las técnicas de inteligencia artificial, particularmente el aprendizaje automático (ML) y las redes neuronales.

Para mejorar la resolución de profundidad nos hemos basado en las técnicas de los artículos de He et al., (2021) y Vijaya Lakshmi et al., (2021) que presentan un análisis basado en redes neuronales artificiales en imágenes de ondas térmicas no estacionarias. Para la aplicación de IA a la automatización y a la inteligencia de las imágenes termográficas nos hemos basado en Shrestha et al., (2024) que presenta un trabajo centrado en el aprendizaje automático (ML: Machine Learning) y el aprendizaje profundo (DL: Deep Learning), con el objetivo de la automatización de la termografía a través de las redes neuronales recurrentes (RNN) y las redes neuronales convoluciones (CNN) de 1 a 3 dimensiones.

Estos avances permitirán una aplicación eficiente de las técnicas identificadas a las bases de datos que se vayan generando en las diferentes actividades de I+D, en especial su aplicación a bases de datos 3D supondrá un avance muy relevante.

Referencias

Shrestha, R., Moradi, M., Sfarra, S., Kim, W., 2024. Infrared thermography: philosophy, approaches, analysis—processing, and guidelines, in: Non-Destructive Material Characterization Methods. Elsevier, pp. 249–279. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91150-4.00017-3>

He, Y., Deng, B., Wang, H., Cheng, L., Zhou, K., Cai, S., Ciampa, F., 2021. Infrared machine vision and infrared thermography with deep learning: A review. Infrared Phys. Technol. 116, 103754. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2021.103754>

Vijaya Lakshmi, A., Ghali, V.S., Suresh, B., Vesala, G.T., Naik, R.B., 2021. A Thermographic System for Quantitative and Automated Subsurface Detail Visualization, in: Mukhopadhyay, C.K., Mulaveesala, R. (Eds.), Advances in Non-Destructive Evaluation. Springer Singapore, Singapore, pp. 27–39. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0186-6_4

Laboratorios para actividades de I+D independiente en FH

Actualización del laboratorio HAV (Simulador de Conducción)

Durante el año 2025 se ha llevado a cabo una actualización del laboratorio HAV, centrada en la mejora del simulador de conducción con el objetivo de aumentar su aplicabilidad en entornos de automoción y validación de sistemas vehiculares a través del estudio del comportamiento del conductor en simulación.

Las actualizaciones realizadas se han estructurado en dos líneas diferenciadas:

1. Diseño y programación de la salida del ego-vehicle para compatibilidad con CANBUS

Se ha diseñado e implementado un nuevo módulo de salida del ego-vehicle del simulador, orientado a garantizar su compatibilidad con formatos de comunicación basados en CANBUS, ampliamente utilizados en aplicaciones reales de automoción.

Para ello, la aplicación del simulador actúa como servidor, abriendo un socket de comunicación que permite la conexión de aplicaciones externas de automoción que operan como clientes (por ejemplo, sistemas de control, plataformas HIL/SIL o herramientas de análisis vehicular). Esta arquitectura facilita la integración del simulador con otros sistemas y permite su uso como banco de pruebas virtual.

Adicionalmente, se ha incorporado al simulador un modelo matemático realista del comportamiento de la batería del vehículo simulado, con el fin de representar de manera coherente los procesos de consumo energético y frenado regenerativo.

Factores Humanos (FH)

```
@dataclass
class BatteryModel:
    # Pack geometry / chemistry
    N_series: int = 100
    V_cell_min: float = 3.0
    V_cell_max: float = 4.2
    E_kWh: float = 60.0
    R_int: float = 0.02
    eta_forward: float = 0.92
    eta_regen: float = 0.85
    I_dis_max: float = 400.0
    I_chg_max: float = 200.0
    P_aux: float = 500.0
    soc_min: float = 0.05
    soc_max: float = 0.95

    # cells in series
    # total pack energy in kWh
    # internal resistance (Ohm)
    # drivetrain efficiency (traction)
    # regen efficiency back to battery
    # max discharge current (A)
    # max charge (regen) current (A)
    # auxiliary loads (W)

    # dynamic state
    soc: float = 0.8
    # initial SoC (fraction 0..1)
```

Valores iniciales del modelo matemático de la batería

2. Definición y validación de la incorporación del registro de movimientos del conductor.

La segunda línea de actuación desarrollada en 2025 ha consistido en la definición, integración y validación del registro de movimientos del conductor dentro del flujo de datos del laboratorio HAV, con el objetivo de aumentar las variables de caracterización del comportamiento y estado del conductor durante la conducción simulada.

Para ello, se ha incorporado un sistema comercial de captura de movimiento, cuya integración ha sido validada dentro de la arquitectura de adquisición de datos del laboratorio. Este sistema permite registrar de forma continua los movimientos del conductor durante la simulación, asegurando su sincronización con las variables del vehículo y del entorno de conducción.



Laboratorio HAV (Simulador de Conducción)

Laboratorio de realidad extendida (HER): rediseño para albergar nuevos entornos simulados

Durante el año 2025 se han realizado avances significativos orientados a la evaluación avanzada de la ergonomía y de la interacción humano–producto mediante tecnologías de realidad extendida.

Uno de los principales hitos ha sido la consolidación del laboratorio como un entorno de realidad mixta, en el que se combina de forma fluida un entorno físico real con un entorno visual completamente virtual e inmersivo. En esta configuración, el usuario recibe un retorno háptico real, pudiendo tocar y manipular superficies físicas, mientras que la percepción visual del entorno y de los elementos de interacción se genera íntegramente en realidad virtual.

Adicionalmente, se ha diseñado e implementado un protocolo específico para la ubicación dinámica de elementos de interacción en tiempo real. Este protocolo permite ajustar durante la propia sesión experimental la posición de elementos clave con los que interactúa el usuario, por ejemplo, interfaces y mandos, facilitando la realización de pruebas iterativas orientadas a la optimización ergonómica de los diseños.

Factores Humanos (FH)

La actualización en tiempo real de la posición de estos elementos se realiza mediante un sistema de marcadores QR, que son visualizados directamente por las gafas de realidad extendida.

Este sistema permite garantizar la coherencia espacial entre el mundo real y el virtual, redefinir de manera ágil la ubicación de los elementos de interacción y apoyar la toma de decisiones basada en datos experimentales con la participación activa de los usuarios para el cierre de los diseños desde un punto de vista ergonómico.

Mantenimiento de hardware y software en el laboratorio de confort térmico.

El objetivo de esta anualidad fue comprender cómo aplicar la termografía a la evaluación de materiales e instalaciones deportivas, y mejorar las técnicas de laboratorio de confort térmico y deporte del IBV y estudiar su viabilidad para ser incorporado en un futuro. Para ello se ha realizado un estudio de aplicaciones basadas en la monitorización térmica de equipos e instalaciones deportivas, incorporando técnicas avanzadas de inteligencia artificial a este sector.

Equipamiento deportivo

Las imágenes térmicas se aplican en el fútbol y otros deportes de pelota para detectar cambios estructurales, como desprendimiento de paneles, distribución desigual del material y variaciones térmicas relacionadas con el desgaste. Además, las imágenes térmicas contribuyen al análisis de la restitución de energía, examinando cómo las bolas absorben y liberan energía tras el impacto, informando la investigación sobre materiales y técnicas de construcción que influyen en la elasticidad y el control de la trayectoria. En este ámbito se han realizado pruebas de incorporación de la termográfica sobre calzado deportivo, patines y guates de beisbol montados sobre maniqués térmicos dando con un resultado prometedor de aplicación.

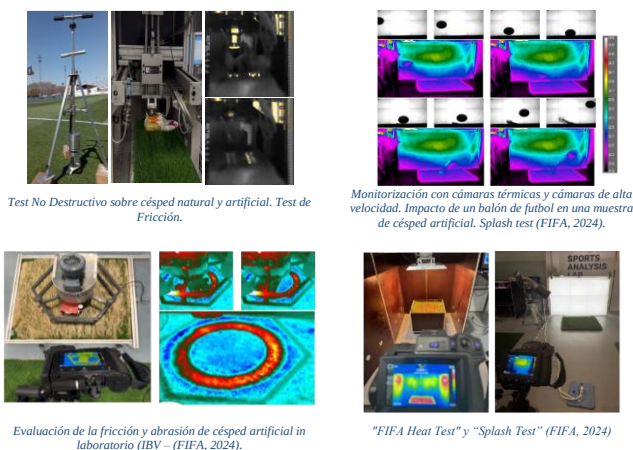
Evaluación de fricción y abrasión en césped y materiales de relleno

En este contexto, la FIFA ha desempeñado un papel importante en la evaluación y regulación de la calidad de las superficies deportivas a través de su Programa de Calidad del Césped Artificial, que establece estándares estrictos. El manual de la *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA) incluye estas pruebas que son un estándar clave de la industria.

Una de esas pruebas es la "FIFA Heat Test", diseñada para evaluar cómo los materiales de relleno influyen en la temperatura de la superficie en condiciones de alta radiación solar. Esta prueba simula el contacto entre la superficie y la piel bajo diversas condiciones de temperatura y fricción, lo que permite determinar la abrasividad de la superficie.

Monitorización térmica 4D

En esta anualidad se ha comenzado a extender esta tecnología a la evaluación de productos donde la temperatura es función del tiempo y el espacio 3D.

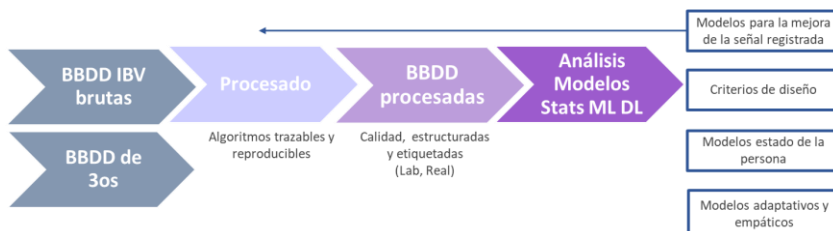


Factores Humanos (FH)

Gestión del conocimiento en FH

Modelos de estado carga mental y respuesta emocional en HMI y de predicción de la respuesta térmica

Durante esta anualidad se ha continuado la gestión del conocimiento de los modelos asociados a la monitorización de estados de la persona relevantes tanto en el sector de automoción como en el ámbito laboral con especial atención los modelos basados en datos o modelos teóricos donde la introducción de nuevos datos experimentales permite aumentar la variabilidad presente en la población.



Preparación de propuestas de proyectos de I+D en FH

Durante el año 2025 se ha desarrollado una actividad intensa y continuada en la preparación y presentación de propuestas de I+D+i, tanto en el ámbito nacional como europeo, que ha posibilitado la generación y gestión de conocimiento relevante para el área de FH.

A nivel nacional, destaca la participación en la iniciativa “COMANDO: Red de Excelencia en Tecnologías Duales para la Resiliencia e Integración de Sistemas Autónomos en entornos multidominio” red CERVERA CDTI, orientada a tecnologías duales para la resiliencia e integración de sistemas autónomos en entornos multidominio.

Sesiones de discusión FH

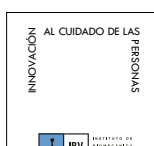
El conocimiento generado en FH se puso en común en diferentes sesiones internas del IBV. En estas sesiones los investigadores del área compartían el conocimiento asociado a la participación en congresos o al desarrollo de proyectos de I+D.

A modo de ejemplo, se muestran imágenes de dos sesiones internas para compartir conocimiento relacionado con un congreso (European Conference on Protective Clothing 2025) y un proyecto en ejecución en FH.



Red tecnológica de ingeniería aplicada al desarrollo de soluciones inteligentes para conducción autónoma centrada en la persona

Sesión de discusión del proyecto
Luis I. Sánchez Palop



Objetivos Generales del Proyecto

Medusa se basa en aunar la excelencia de los Centros en áreas clave.

El control del vehículo mediante **sensorización inteligente** basada en inteligencia artificial (IA).

Desarrollo de **plataformas hardware y software confiables** para aplicación tan exigente como es la conducción autónoma.

Desarrollo de **soluciones robustas y eficientes para la comunicación** mediante redes móviles y **paragestión de los datos** a un alto número de vehículos conectados.

Inclusión del Factor Humano en una holística (física, cognitiva, emocional y social) desde el punto de vista de la seguridad, fomento de aceptabilidad y confianza avanzando en las metodologías de Diseño Centrado en la Persona.

tecnalia

ikerlan

CTIC

IBV

UNIVERSIDAD DE PALANCA

Factores Humanos (FH)

Actualización de la hoja de ruta FH

Durante 2025 la hoja de ruta se ha revisado en cuanto a la incorporación de los avances fundamentales realizados en esta anualidad, así como, su orientación considerando las tendencias actuales.

1. Medida de interacción: del laboratorio al mundo real

El objetivo de esta línea a medio plazo es la de evolucionar hacia un laboratorio fisio-mecánico especializado y escalable, capaz de integrar diferentes tipologías de producto y entorno, incorporar soluciones de medida avanzadas (incluyendo tecnologías wearables y sin contacto) y reforzar la validez externa de los resultados mediante infraestructuras de monitorización continua y escalable.

2. Generación de criterios y modelos basados en datos

A medio plazo, la hoja de ruta por un lado se orienta hacia la fusión de datos multiproducto y multicontexto (laboratorio y entorno real) y a la incorporación de bases de datos de terceros. A su vez, se orienta a la consolidación de modelos y la aplicación de técnicas avanzadas de análisis y aprendizaje automático.

3. Planes de integración de Factores Humanos

El objetivo de esta línea es transferir de forma sistemática estos planes HFIP a productos y sectores tecnológicos, reforzando el posicionamiento del IBV como centro de referencia europeo en investigación tecnológica basada en factores humanos.

Participación en congresos de FH

En 2025 el IBV ha estado presente en RTR 2025. Conference on Results from Road Transport Research (Bruselas), EUCAD 2025. European Conference on Connected and Automated Driving (Ispra), la 11th European Conference on Protective Clothing (Kuşadası), el Transportation Research Symposium 2025 (Rotterdam), el FISITA World Mobility Conference – WMC 2025 (Barcelona) y el Footwear Biomechanics Symposium (Oslo).

A su vez se ha asistido como parte de su actividad en vigilancia tecnológica en Footwearise 2025: Fusing Fit, Feel and Fabrication (Alicante) e InCabin Sensing Europe (Berlín).

Vigilancia científico-tecnológica en FH

Vigilancia científico-tecnológica en torno a Human Centered AI y los sistemas de Digital Human Modeling

La vigilancia tecnológica en el ámbito de los sistemas de Digital Human Modeling (DHM) y de Human-Centered AI (IA centrada en la persona) en 2025 ha dado como resultado el establecimiento de un marco unificado orientado a avanzar en los modelos digitales humanos basados los procesos de integración de las capas de interacción de la persona en el modelado virtual. Este marco permite recorrer el camino de manera ordenada desde el Digital Human Modeling (DHM) al Human Digital Twins (HDT).

El marco se basa en una transición en tres etapas desde las herramientas clásicas de DHM hasta los HDT: desde simulaciones genéricas (*Genérico*) para grandes poblaciones, pasando por simulaciones personalizadas (*Personalizado Offline*), hasta la monitorización en tiempo real (*Tiempo Real*).

En este último enfoque, la Human-Centered AI desempeña un papel decisivo al permitir personalizar los modelos en función de las características específicas de cada usuario y al reforzar las capacidades de predicción en tiempo real. Gracias a algoritmos de machine learning (ML) y deep learning (DL), integrados dentro de un marco ético y centrado en la persona, es posible ajustar los modelos para considerar diversidad de factores humanos (antropométricos, cognitivos, contextuales y culturales) y garantizar que las simulaciones y predicciones sean relevantes, comprensibles y seguras. De este modo, la HC-AI no solo potencia la precisión técnica de los modelos híbridos, sino que también asegura que su aplicación esté alineada con los principios y con el objetivo de mejorar el bienestar y la toma de decisiones.

Vigilancia en sistemas de realidad extendida

Durante el año 2025 se ha continuado y reforzado la vigilancia tecnológica en el ámbito de la Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Extendida (XR), con un foco específico en el seguimiento del hardware de visualización tipo gafas de realidad aumentada. Esta actividad se ha materializado en la elaboración de un

Factores Humanos (FH)

benchmarking técnico exhaustivo que recoge el estado actual de los dispositivos disponibles y en desarrollo, tanto a nivel comercial como de prototipo.

Destaca el uso generalizado de tecnologías Micro-OLED y Micro-LED como solución de visualización, con resoluciones que van desde sistemas monoculares de baja carga cognitiva hasta configuraciones binoculares Full-HD por ojo, como en el caso de Lenovo Glasses T1 o Spacetop AR Laptop.

Desde el punto de vista de sensores, se identifican dispositivos que integran IMUs completas (acelerómetro, giróscopo, magnetómetro), cámaras de alta resolución e incluso sistemas de seguimiento de cabeza, lo que amplía su potencial para estudios de interacción, atención y comportamiento del usuario. Ejemplos relevantes son Eversight Maverick o las soluciones profesionales de Vuzix (M400, M4000, Shield).



Ejemplo de tres dispositivos diferenciados de realidad aumentada

En cuanto a su potencial uso cotidiano se valoró en cuanto a dos variables principales características de la batería por autonomía y peso de los dispositivos, relevante en cuanto al confort de uso prolongado.

Respecto al peso de los dispositivos se observa una variabilidad amplia, desde soluciones extremadamente ligeras por debajo de los 40 g (Activelook, Brilliant Labs Frame, Zebra HD4000) hasta dispositivos más complejos en torno a los 100 g.

En cuanto a autonomía y batería, se identificaron tanto dispositivos con batería integrada (autonomías típicas de entre 7 y 12 horas) necesario en un contexto de uso cotidiano como soluciones sin batería propia que dependen de conexión directa por USB-C a un dispositivo externo (por ejemplo, Viture ONE o Xreal Air).

Participación en redes de I+D

El IBV en 2025 fue el coordinador de la red CERVERA MEDUSA red tecnológica de ingeniería aplicada al desarrollo de soluciones inteligentes para conducción autónoma centrada en la persona. En el marco de la red ha desarrollado numerosas actividades de impulso, difusión y definición de prioridades de I+D.

Desde IBV se ha participado activamente en la red REDIT MOBILITY, de la que IBV en 2025 es coordinador.

El IBV tuvo presencia en Mobility Innovation Valencia 2025 organizado por AVIA clúster de automoción y movilidad formando parte del panel de expertos, aportando su visión en un momento clave para la movilidad inteligente, la seguridad y el diseño centrado en las personas.

En la plataforma nacional M2F, IBV continúa como co-líder del Grupo de Trabajo 4 (Espacio Interior), tanto en la definición de la Agenda Estratégica como en eventos de difusión como los desayunos M2F.

A nivel europeo, IBV es miembro de CCAM (European Partnership on Connected Cooperative and Automated Mobility).

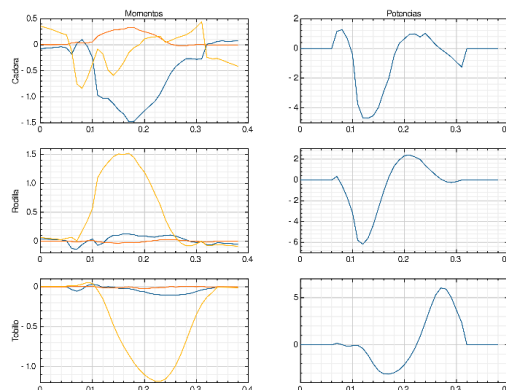
En otros ámbitos se ha participado o seguido la actividad de las siguientes plataformas:

- European Platform for Sport Innovation (EPSI)
- International Association for Sports Surface Sciences (ISSS)
- European Apparel and Textile Confederation (EURATEX)
- Clúster catalán de la industria del deporte (INDESCAT)
- European Factories of the Future Research Association (EFFRA)

Ingeniería Biomédica (IB)

Aplicaciones de las técnicas y metodologías de registro y análisis biomecánico de las actividades y movimientos humanos a la evaluación funcional y al diseño de productos sanitarios y de uso humano.

Ingeniería Biomédica (IB)



Actividad de I+D propia del IBV durante 2025 en IB

Actividad de I+D no financiada

Investigación en métodos ágiles de valoración biomecánica

Este proyecto de investigación se centra en el diseño conceptual de una nueva metodología de valoración funcional ágil. El objetivo es reducir drásticamente los tiempos de uso y mejorar la viabilidad de estas pruebas en el entorno operativo real de las Mutuas Colaboradoras con la Seguridad Social (MCSS). Esta metodología busca mantener la validez clínica de las pruebas biomecánicas actuales, pero reduciendo de forma significativa los tiempos de solicitud, realización e interpretación.

Tarea 1. Selección de una prueba de valoración biomecánica

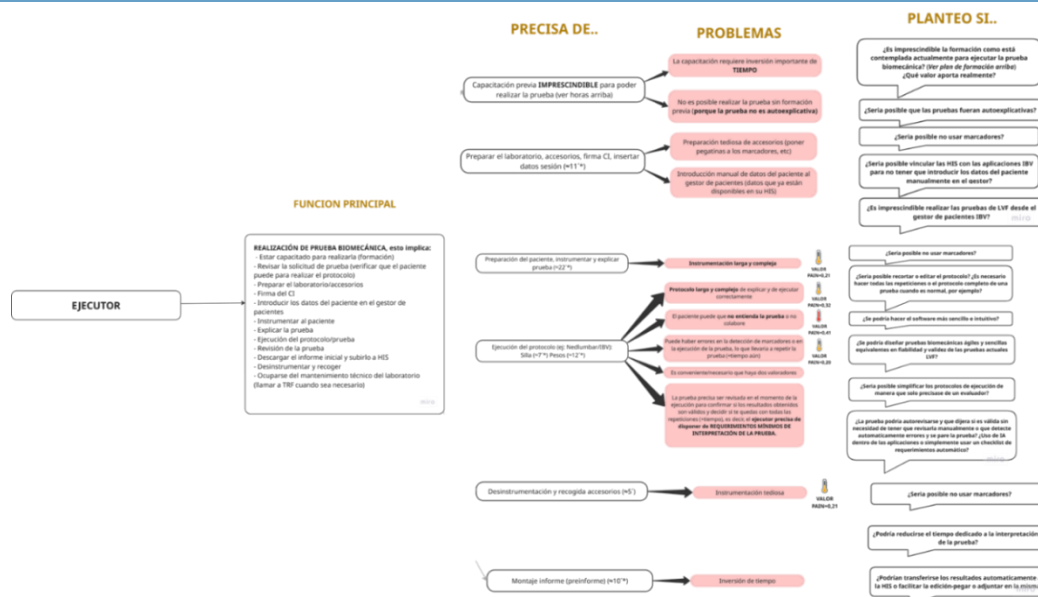
Se ha seleccionado el sistema “NedLumbar/IBV” como la prueba de referencia para este proyecto. Esta decisión se basa en su elevada relevancia clínica y asistencial, dada la prevalencia de la lumbalgia como una de las principales causas de Incapacidad Temporal (IT) en España y su impacto crítico en las bajas por trastornos musculoesqueléticos.

Tarea 2. Descripción del proceso

Se llevó a cabo un análisis del **flujo completo de la prueba de valoración biomecánica** dentro de las MCSS. El estudio abarcó todas las fases del proceso: desde la llegada del paciente, ya sea por contingencia común (CC) o contingencia profesional (CP), hasta el potencial uso final del informe por parte del perito (en aquellos casos en los que la prueba contribuya a la toma de decisiones sobre una **propuesta de IP**).



Flujo de identificación de funciones, necesidades y problemas del solicitante



Flujo de identificación de funciones, necesidades y problemas del ejecutor de la prueba

Tarea 3. Revisión de estado de la tecnología

Con el fin de identificar oportunidades y poder reducir tiempos, se realizó una revisión del estado de la tecnología que consistió en tres partes principales: una **búsqueda bibliográfica** para identificar avances recientes y enfoques emergentes aplicables a la valoración funcional, un **benchmarking externo** para conocer las soluciones que ofrecen otros actores del mercado y, finalmente, un **benchmarking interno** de tecnologías y líneas de investigación del IBV.

Tarea 4. Exploración del potencial interés de incorporar nuevos datos

A continuación, se exploró el potencial interés de incorporar nuevos datos a partir de una búsqueda bibliográfica en la plataforma *Consensus*, un motor de síntesis de literatura científica basado en IA.

Búsqueda en la plataforma Consensus

La literatura indica que la incorporación de datos no biomecánicos, tanto clínicos como contextuales y obtenidos dentro y fuera del laboratorio, representa una **vía prometedora** para enriquecer la valoración funcional en pacientes en situación de IT.

Tarea 5. Definir requisitos de producto y diseño conceptual de la prueba

Tras el análisis previo del proceso actual, los resultados de los benchmarking y los inputs de los clientes, se elaboraron propuestas a medio plazo que han servido como base para definir los requisitos funcionales, técnicos y operativos del nuevo concepto de prueba de valoración funcional ágil.



Definición de propuestas-requisitos para el ejecutor.



Definición de propuestas-requisitos para el informador.

Construcción de agentes inteligentes especializados (condición habilitadora)

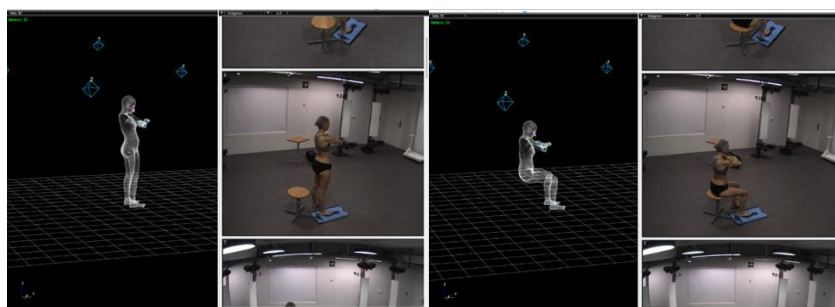
Muchas de las propuestas-requisitos planteados en el punto anterior, especialmente a largo plazo, requieren la **creación de una IA interna como elemento central del sistema**. Esta IA se basaría en la recopilación y estructuración del conocimiento técnico, clínico y operativo generado por el IBV en valoración funcional, constituyendo un repositorio único y centralizado. Sobre esta base se desarrollarían agentes inteligentes especializados para distintas fases del proceso analizado.

Durante el año se realizaron pruebas con “MedGemma” y “gpt-Oss”; este es un modelo de lenguaje de última generación (LLM) especializado en tareas médicas y con agentes IA. El trabajo consistió en analizar la capacidad del modelo para realizar informes breves de la prueba NedLumbar/IBV de manera automática.

Tarea 6. Verificación de requisitos con usuarios o con pruebas laboratorio

La validación se realizó mediante las siguientes vías:

1. Sesiones con usuarios internos y externos.
2. Pruebas con agentes IA especializados (MedGemma, gpt-oss).
3. Pruebas en laboratorio con tecnología Markerless.



Prueba de validación Markerless vs Fotogrametría

Ingeniería Biomédica (IB)

La verificación llevada a cabo con usuarios tanto internos como externos ha permitido corroborar la necesidad de evolucionar hacia tecnologías de valoración funcional que sean ágiles, sencillas y que exijan una capacitación mínima, garantizando en todo momento la validez clínica de las soluciones actuales. Los ensayos realizados con agentes especializados han ratificado su potencial como una herramienta de alta eficacia para la automatización en la generación de informes clínicos.

Laboratorios para actividades de I+D independiente en IB

Mantenimiento y evolución del Laboratorio de Estudio de Funciones y Actividades Humanas

Durante el año 2025, el Laboratorio de Estudio de Funciones y Actividades Humanas ha continuado desarrollando acciones de mejora, actualización tecnológica, mantenimiento y calibración de sus sistemas de medición. Estas actuaciones están orientadas a garantizar la calidad de los procesos de registro biomecánico, la estabilidad del parque informático y el adecuado funcionamiento del equipamiento utilizado en los protocolos de valoración.



Vista Laboratorio de Estudio de Funciones y Actividades Humanas - Enric Medina

Mejora de las infraestructuras informáticas del laboratorio

- Optimización de la comunicación entre equipos y el servidor NAS

Se han llevado a cabo mejoras en la comunicación entre los equipos del laboratorio y el servidor NAS, con el objetivo de reducir los tiempos de copia, transferencia y procesamiento de datos.

- Renovación del sistema informático del laboratorio

Con el fin de mantener un entorno tecnológico estable y seguro, se procedió al reemplazo y actualización del PC principal que integra la técnica de registro de fotogrametría y el sistema de plataformas dinamométricas. Del mismo modo, se revisó el resto del equipamiento informático del laboratorio, aplicando actualizaciones, mejoras de hardware y ajustes necesarios para garantizar la estabilidad operativa.



Sistema Informático. Laboratorio Movimientos Humanos 1

Ingeniería Biomédica (IB)

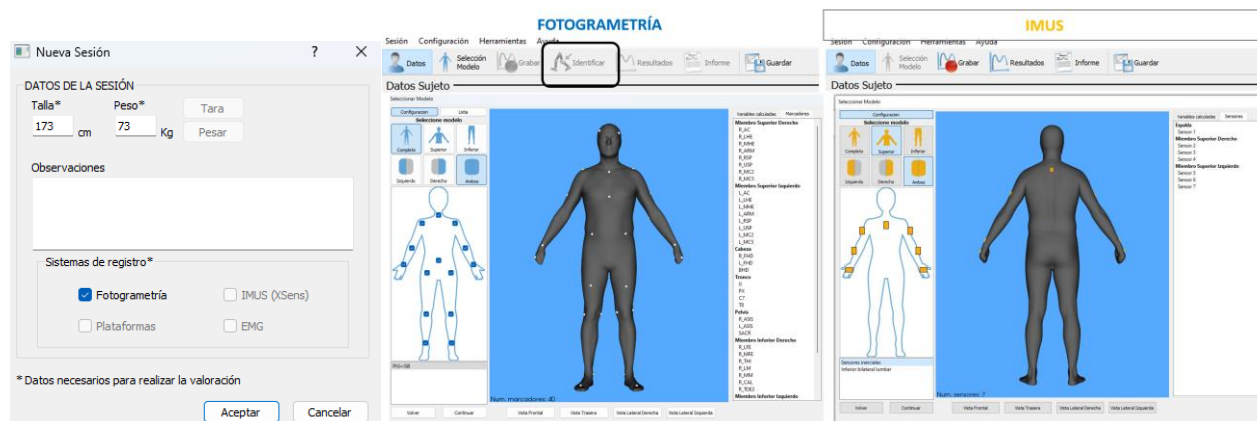
- Ajustes, mantenimiento y calibración de las técnicas de registro
 - Sistema de fotogrametría y plataformas dinamométricas: Se ha llevado a cabo la verificación de calibración conforme a los protocolos internos y los ajustes derivados de desviaciones detectadas.
 - Sistema Move4D: Se ha realizado el ajuste y calibración del sistema Move4D para garantizar la precisión en la captura volumétrica y el registro dinámico 4D.
 - Cámaras RGB y otros sensores del laboratorio: Se llevaron a cabo intervenciones sobre las cámaras RGB del laboratorio y otros dispositivos ópticos, con el fin de asegurar la estabilidad del registro de color, la sincronización y la correcta integración con el resto de sistemas de captura.
- Auditoría Técnica del equipamiento empleado en los protocolos de valoración
- Intervenciones adicionales de mantenimiento y mejora
 - Reparaciones puntuales de elementos mecánicos, informáticos o electrónicos cuando fue necesario.
 - Ajustes específicos en dispositivos de registro para corregir desviaciones o fallos detectados.
 - Continuación de las pruebas con nuevos dispositivos y versiones de software para su posible integración futura en los protocolos de valoración.

Mejoras de procedimientos de laboratorios de I+D en IB

Mejoras funcionales y de usabilidad en aplicaciones de registro

En 2025 se han concluido las mejoras planificadas en las aplicaciones de registro de movimientos humanos en laboratorio. Las mejoras realizadas se centran en la automatización, la personalización del análisis y la eficiencia operativa. Con estas mejoras se persigue disponer de herramientas evolucionadas para mejorar las prestaciones de cara al desarrollo de proyectos de I+D.

- Configuración y Flexibilidad del Sistema: Se ha integrado un **selector de hardware** que permite al usuario definir con precisión qué dispositivos se utilizarán: fotogrametría, IMUs, plataformas de fuerza o EMG en función de las características del estudio a realizar. En una segunda fase, se ha realizado una **adaptación dinámica de la interfaz** según el sistema de medida utilizado. Esto permite un funcionamiento más óptimo de los sistemas para una configuración dada. Por último, se ha habilitado la posibilidad de definir **modelos de marcadores personalizados**, lo que incrementa la versatilidad a la posible adaptación a las circunstancias cambiantes de los proyectos de investigación.

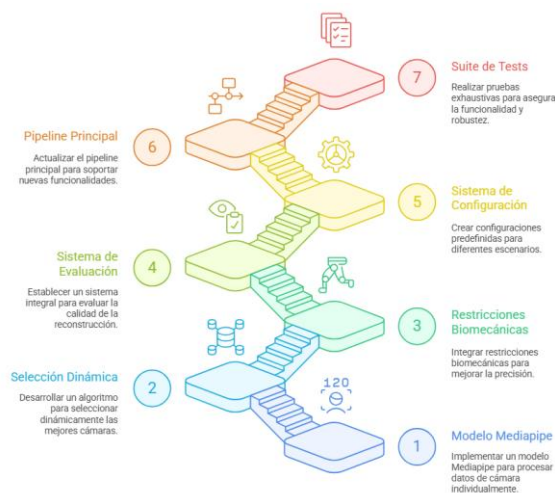


- Visualización y Análisis de Datos: Se ha trabajado en incluir en los sistemas basados en marcadores la **visualización de avatar** integrada la anualidad anterior en los sensores inerciales. El modelo implementado replica los gestos grabados, transformando la nube de puntos en un avatar comprensible que ayuda a identificar patrones de movimiento de forma visual e inmediata.
- Automatización y estandarización: Se ha trabajado en algoritmos basados en reglas para la **identificación automática de marcadores** en los modelos de cuerpo completo.

Ingeniería Biomédica (IB)

Optimización de reconstrucción 3D en sistema Markerless.

El trabajo realizado se centró en el desarrollo de un sistema integral de mejoras progresivas para la reconstrucción 3D markerless, diseñado para aumentar la robustez, precisión y estabilidad de las capturas de movimiento en entornos complejos. La estrategia de trabajo se estructuró en siete fases.



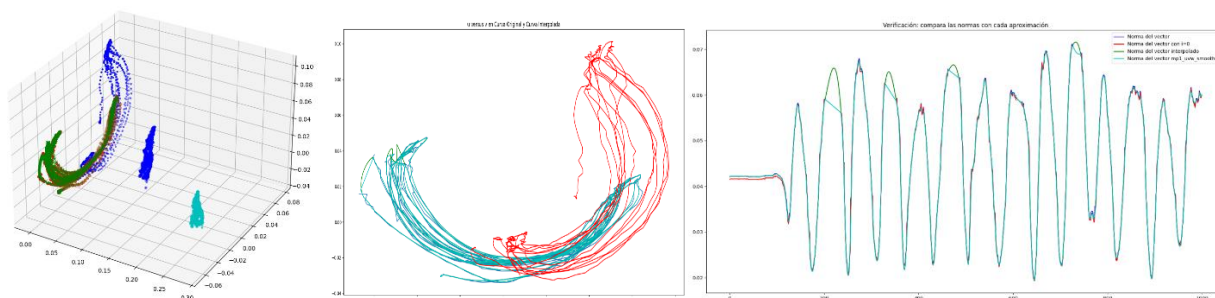
Descripción de las mejoras progresivas implementadas.

El trabajo realizado da como resultado un pipeline robusto y flexible, que integra técnicas de visión por computador, validaciones biomecánicas y un sistema de evaluación integral. Este enfoque garantiza reconstrucciones 3D más consistentes y realistas, con aplicaciones directas en ámbitos como la rehabilitación clínica, la evaluación deportiva y el análisis avanzado del movimiento humano, estableciendo una base sólida para futuras mejoras y extensiones del sistema.

Desarrollo de un nuevo algoritmo para mejorar los procesos de identificación de marcadores 3D en estudios biomecánicos de codo.

Dentro de las mejoras realizadas en los sistemas de **fotogrametría**, se ha abordado el problema de la **ocultación o pérdida de datos** de marcadores pasivos, específicamente los ubicados en la muñeca durante un estudio de movimiento del codo (pronosupinación).

El algoritmo final desarrollado para resolver este problema implementa un método que transforma el problema de la interpolación a un **Sistema de Referencia Local (SRL)**, donde la posición del marcador perdido es más predecible ya que sigue un movimiento circular. Una vez realizada la transformación, se aplican técnicas de suavizado e interpolaciones robustas para reconstruir la trayectoria del marcador en los fotogramas perdidos.

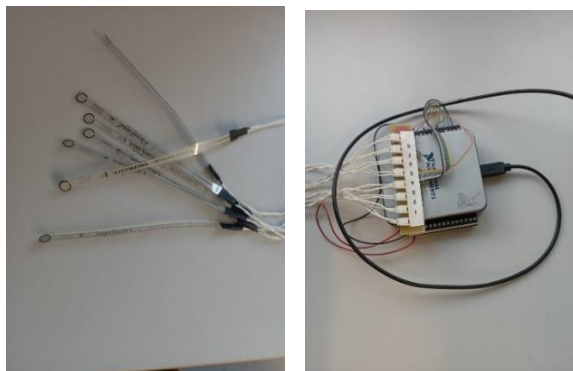


Las pruebas de verificación realizadas con las colecciones de datos demuestran que la solución implementada es robusta y reconstruye de forma fiel la trayectoria de los marcadores perdidos.

Ingeniería Biomédica (IB)

Puesta a punto de cadena de medida para mejorar la robustez de la medida de fuerzas en las carillas articulares.

Se ha realizado la puesta a punto y evaluación de los sensores de presión, específicamente evaluando su rendimiento bajo condiciones de carga elevada y su durabilidad conforme a las especificaciones del fabricante. Esta etapa de verificación incluyó la selección cuidadosa de los sensores, su integración con una tarjeta de adquisición y la sincronización con el sistema de registro de movimientos.



Los sensores de presión seleccionados demostraron un rendimiento robusto y confiable en condiciones de carga elevada y bajo repetidos ciclos de presión, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde se requiere alta durabilidad y precisión. La integración, calibración y sincronización con otros sistemas de captura permiten asegurar la precisión y coherencia de los datos en futuras aplicaciones. El trabajo realizado garantiza que el sistema de adquisición esté listo para su implementación en el entorno de uso, y queda a la espera de los resultados de la evaluación completa tras la instalación definitiva.

Gestión del conocimiento en IB

Unificación de la gestión de datos en el IBV

Esta tarea, al tratarse de una actividad común a las cinco AAC, se describe de manera única tras la tabla correspondiente a UX y previamente a la tabla BASE, en el apartado *Gestión de datos en el IBV*.

Mantenimiento base de datos documental y actualización de procedimientos de gestión de calidad y diseño y desarrollo de producto sanitario de acuerdo con la ISO13485

Tras el significativo esfuerzo realizado durante el año anterior, que incluyó la consolidación de nuestra base de datos documental y el desarrollo de nuevos procedimientos de gestión de calidad y procedimientos técnicos para el diseño y fabricación de productos sanitarios, conforme a la norma ISO 13485, en el presente año nos hemos centrado en la actualización y mejora integral de toda esta documentación. Este proceso ha sido fundamental para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos, tanto por los estándares de calidad normativos internacionales como por las expectativas específicas de nuestros clientes.

Una de las acciones más relevantes llevadas a cabo en este periodo ha sido la adaptación de toda la documentación técnica asociada a los productos sanitarios desarrollados en nuestro centro a los nuevos requisitos normativos. Este trabajo ha implicado una revisión exhaustiva de los procedimientos internos, las instrucciones de trabajo, los documentos de cálculo y los formatos de registro, con el fin de demostrar el cumplimiento con los requisitos establecidos en la norma ISO 13485, así como con las disposiciones del Reglamento (UE) 2017/745 de productos sanitarios. Esta actualización no solo ha permitido cumplir con las exigencias regulatorias, sino que también ha facilitado la optimización de nuestros procesos internos, contribuyendo a una mayor eficiencia y trazabilidad en todas las etapas del ciclo de vida del producto.

Como resultado de estas acciones, hemos obtenido la certificación del Mercado CE para nuestros productos sanitarios. Este logro ha sido el resultado de un exhaustivo proceso de evaluación llevado a cabo por un Organismo Notificado, en el que se han revisado minuciosamente los documentos técnicos que respaldan los

Ingeniería Biomédica (IB)

diferentes procesos clave relacionados con el producto, incluyendo su diseño, evaluación de riesgos, evaluación clínica, producción, y liberación e instalación del producto o accesorio sanitario. Además, se ha evaluado la documentación del sistema de gestión de calidad, cuya base es el Manual de Calidad, que establece los principios y directrices para asegurar la eficacia de todos los procesos relacionados con la producción y distribución de nuestros productos.

Preparación de propuestas de proyectos de I+D en IB

La preparación de propuestas de I+D para convocatorias competitivas ha permitido consolidar un cuerpo de conocimiento del estado del arte y de nuevas metodologías y tecnologías de aplicación en ámbitos de actividad muy diversos.

1. Salud Digital y Biomecánica Avanzada: En este ámbito, el conocimiento se ha centrado en la cuantificación del cuerpo humano y la monitorización inteligente. La generación de conocimiento se ha centrado en algoritmos para el análisis de imagen clínica orientados a medidas corporales, integración de sensores en calzado para el análisis de la marcha y técnicas de caracterización morfofuncional para optimizar procesos de rehabilitación.
2. Tecnologías Médicas de Precisión e Ingeniería de Tejidos: Se ha profundizado en la convergencia entre la ingeniería mecánica y la biología para crear soluciones personalizadas. Se ha participado en propuestas relacionadas con el diseño de implantes a medida con recubrimientos biodegradables (magnesio), ingeniería tisular para la regeneración ósea y diseño avanzado de instrumentación diagnóstica (PET cerebral).
3. Robótica Asistencial y Exoesqueletos: Metodologías de validación de exoesqueletos en laboratorio, desarrollo de arquitecturas de control para exoesqueletos sensorizados o diseño de plataformas robóticas de rehabilitación.
4. Inteligencia Artificial (IA) Multisectorial: Por último, se ha generado un conocimiento transversal sobre nuevas aplicaciones de la IA a diferentes campos, como la defensa (p. ej. identificación de conductas anómalas) o el deporte (entrenamiento y rendimiento en tiempo real).

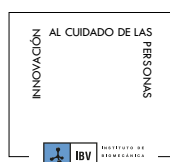
Sesiones de discusión IB

El conocimiento generado en IB se puso en común en diferentes sesiones internas del IBV. En estas sesiones los investigadores del área compartían el conocimiento asociado a la participación en congresos o al desarrollo de proyectos de I+D. Estas sesiones permitieron, además de compartir los logros alcanzados de avance de conocimiento durante esta anualidad y obtener los aspectos técnicos a avanzar en el área las próximas anualidades.

A modo de ejemplo, se muestran imágenes de una sesión interna para compartir conocimiento relacionado con un congreso (SERMEF 2025) en IB.



SESIÓN DISCUSIÓN CONGRESO
Paqui Peydro



Categorización del patrón de hiperextensión de rodilla en la marcha hemiparética espástica tras ictus

Modalidad: Cartel Científico 157

Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo
Objetivo: Caracterizar el patrón de recurvatum en hemiparesia espástica tras ictus

Medicina Física y Rehabilitación

Neurólogo

Premio a la innovación del Laboratorio de Análisis del Movimiento del HUCA

La Academia de Medicina asturiana ha destacado el "cambio de paradigma" que supone el proyecto, referente del SNS



Actualización de la hoja de ruta IB

El trabajo principal de la actualización de la Hoja de Ruta realizado en 2025 se ha centrado en llevar a cabo un análisis de tendencias y una evaluación de posibles escenarios a largo plazo en la línea de investigación en metodologías de valoración biomecánica. El estudio realizado consiste en un proceso de análisis estratégica y diseño de producto enfocado en la optimización de la valoración funcional en el sector de las mutuas.

Ingeniería Biomédica (IB)

Los principales resultados y conclusiones del análisis realizado han sido:

1. El factor humano como cuello de botella.
2. Prioridad en la agilidad.
3. Focalización en el ahorro (Incapacidad Temporal por Contingencias Comunes).
4. Evolución hacia el Software como Servicio (SaaS).

Vigilancia científico-tecnológica en IB

Revisión de conocimiento científico-técnico

Vigilancia de actualización en regulatoria de productos sanitario a nivel estatal y europeo.

Se ha llevado a cabo una revisión de las normativas y guías relevantes para garantizar el cumplimiento continuo del marco normativo y reglamentario aplicable a los productos sanitarios. El análisis realizado abarca una amplia gama de categorías técnicas que incluyen desde implantes quirúrgicos (cadera, rodilla y raquis) e instrumental quirúrgico, hasta campos de vanguardia como las terapias avanzadas, la fabricación aditiva y la inteligencia artificial. Además de las especificaciones técnicas de materiales y métodos de ensayo, la actualización integra aspectos transversales críticos como la gestión de la calidad, la biocompatibilidad, la esterilización y el uso de gemelos digitales, culminando con las novedades legislativas más recientes, como el Real Decreto 942/2025 sobre productos sanitarios para diagnóstico in vitro.

Evaluación de Treadmills Omnidireccionales para Integración en Laboratorio de Análisis de Movimiento

El análisis de movimiento humano en entornos de laboratorio, utilizando sistemas de captura de movimiento (como la fotogrametría óptica), está tradicionalmente limitado por un volumen de captura fijo. Esta limitación espacial restringe el estudio de tareas de locomoción prolongadas, la navegación en entornos complejos o los movimientos deportivos que abarcan grandes áreas.

Las treadmills omnidireccionales (ODT) emergen como una solución tecnológica para este problema, permitiendo al sujeto caminar o correr en cualquier dirección (360 grados) mientras permanece relativamente estacionario. Esto, en teoría, crea un volumen de registro "infinito" o ilimitado.



Más allá de los inconvenientes de cada modelo, existen **desafíos generales** para la integración de cualquier ODT en un laboratorio de análisis de movimiento:

1. Compatibilidad con la Captura de Movimiento: oclusión y reflejos para reconstrucción 3D.
2. Sincronización de Datos: ¿Existe un SDK o API para sincronizar los datos de la ODT (velocidad de la cinta, posición del usuario) con los datos biomecánicos (cinemática, EMG, fuerzas)?
3. Vibración y Ruido: Los sistemas motorizados (Infinadeck, VidMill) pueden introducir vibración en el suelo, afectando a plataformas de fuerza si se intentan integrar.

Identificación de referentes de conocimiento externo y desarrollo de asistente RAG

Aparte de continuar con la tarea de identificación de referentes se ha realizado un esfuerzo por mejorar la gestión de las referencias con el desarrollo de un asistente RAG para Catálogo de Biomecánica. Se trata de

Ingeniería Biomédica (IB)

una aplicación diseñada para la gestión y consulta inteligente de información sobre equipamiento biomecánico a través de lenguaje natural.

Participación en redes de I+D

Red BOHNES (Interuniversity Centre of Bioengineering of the Human Neuromusculoskeletal System)

Las actividades principales del IBV en esta red en 2025 han sido:

- Asistencia al coloquio anual celebrado en Ancona por la Universidad de Ancona
- Presentación de líneas de trabajo en sistema “markerless”, escaneado dinámico de formas aplicadas al estudio de movimientos humanos, y modelado de raquis.
- Participación en taller de reconocimiento de patrones mioeléctricos.
- Colaboración con Univ. de Lyon de artículo para el 49th congress of the Société de Biomécanique y publicación de artículo en el Journal of Biomechanics sobre estimación de parámetros inerciales en población infantil.

Department of Health Sciences, Pölten University

Estancia en los meses de febrero y marzo de Brian Horsak, profesor investigador de la Universidad de St. Pölten y director del Centro de Salud Digital e Innovación Social. Brian ha colaborado en investigaciones y actividades de innovación relacionadas con el análisis de movimientos humanos y la tecnología de Move4D.

Universidad de Pisa

Estancia de Antonia Centrone, estudiante de doctorado de la Universidad de Pisa, colaborando en la investigación de un modelo para la valoración de la cinemática de hombro basado en datos de Move4D.

Summer School of Neurorehabilitation (SSNRHB)

En el marco de la SSNR 2025, Rosa Porcar y Juanma Belda, en colaboración con James Cotton (Northwestern University), impartieron el workshop *Sensorless Assessment of Motor Function*, centrado en metodologías avanzadas para la evaluación remota de la función motora sin el uso de sensores ni marcadores físicos. El taller combinó fundamentos teóricos y sesiones prácticas sobre análisis dinámico de la forma corporal a partir de datos visuales.

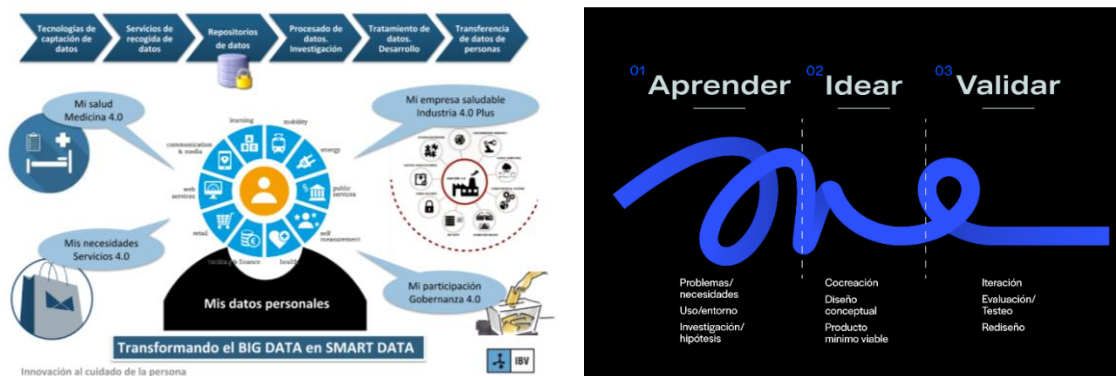
Participación en Comités de Normalización

Fruto de la participación en los Comités Técnicos de normalización de UNE, ISO y ASTM relacionados con diseño y desarrollo de productos sanitarios se ha mantenido un listado actualizado de normativa relacionada con las actividades propias del centro.

User Experience (UX)

Aplicaciones de conocimientos sobre las personas (condición física, descanso, alimentación, desarrollo personal, ocio, consumo, accesibilidad, autonomía personal, envejecimiento, etc.), al diseño de productos y servicios orientados a la promoción y cuidado de la salud y el bienestar.

User Experience (UX)



Actividad de I+D propia del IBV durante 2025 en UX

Actividad de I+D no financiada

Metodologías innovadoras para evaluación y diseño de entornos laborales

Tarea 1. Desarrollo de tecnologías para evaluación de riesgos ergonómicos con métodos actuales

Durante esta tarea, como en la anualidad previa, se ha continuado desarrollando tecnología que facilite a las empresas una gestión eficaz de la evaluación de riesgos ergonómicos con algunos de los métodos actuales de mayor utilidad para ellas, siendo un requisito esencial dentro de la prevención de riesgos laborales, especialmente en organizaciones que buscan optimizar el diseño de los puestos de trabajo y reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y psicosociales.

Partiendo de la revisión de normativa y documentación existente en relación a evaluación de riesgos ergonómicos realizada la anualidad anterior, se identificaron el método ISO-TR12295 y el Ocra Check List como métodos de interés para su aplicabilidad en entorno automatizado.

T1.1. Adaptación e implementación de la norma ISO-TR 12295

La norma ISO/TR 12295:2014 proporciona una guía técnica para la aplicación práctica de las normas ISO 11226, ISO 11228 y EN 1005, que abordan los diferentes factores de riesgo ergonómico: manipulación manual de cargas, empujes y arrastres, tareas repetitivas, posturas y aplicación de fuerza.

El trabajo de adaptación parte de los siguientes objetivos fundamentales:

- Optimizar el proceso de evaluación ergonómica, evitando análisis cuantitativos innecesarios en las fases preliminares.
- Disponer de un mapa de riesgos ergonómicos y psicosociales de un modo rápido y visual.
- Facilitar la identificación inicial de factores de riesgo, mediante una herramienta cualitativa de uso sencillo.
- Guiar al usuario hacia métodos avanzados de análisis (OCRA, NIOSH, REBA, etc.), según los resultados obtenidos.
- Ofrecer recomendaciones de mejora vinculadas directamente con los ítems de riesgo detectados.

User Experience (UX)

La herramienta organiza la información siguiendo la estructura de la norma, complementada con otros módulos adicionales basados en normativa y documentos de referencia. Los ítems de comprobación se agrupan en los siguientes bloques:

A. Factores de riesgo ergonómico (ISO-TR 12295:2014)

- Manejo manual de cargas.
- Empujes y arrastres.
- Tareas repetitivas.
- Posturas forzadas o mantenidas.
- Fuerza aplicada (UNE-EN 1005-3).

B. Otros factores del entorno o de la organización

- Trabajadores sensibles (métodos ErgoDis, ErgoMater, Ergo+50).
- Factores psicosociales.
- Condiciones ambientales.
- Pantallas de visualización (NTP 602).
- Diseño de espacios y equipos.

De este modo, la herramienta desarrollada ofrece una visión global de la ergonomía del puesto de trabajo, integrando dimensiones físicas, cognitivas y psicosociales.

Herramienta para la aplicación del método ISO-TR 12295:2014

T1.2. Adaptación e implementación del Método OCRA-Checklist

El OCRA Checklist es una variación del método OCRA Analítico, diseñado para proporcionar un equilibrio entre sencillez de uso y rigor científico. Su objetivo es evaluar la carga biomecánica de las extremidades superiores en tareas repetitivas, determinando en qué medida los trabajadores están expuestos a factores de riesgo.

La metodología parte de la definición de tarea repetitiva, entendida como aquella que se desarrolla en ciclos de trabajo breves y reiterados, donde los mismos movimientos y acciones técnicas se repiten continuamente.

La adaptación del OCRA Checklist se ha realizado tomando como referencia la versión revisada del método en su modo de alta precisión. Esta integración supone un salto cualitativo en la forma de aplicar la metodología, ya que traslada la rigurosidad del análisis a un entorno digital intuitivo y accesible.

La herramienta organiza el proceso de evaluación en tres apartados principales que guían al usuario de forma lógica y progresiva:

1. Organización

- Definición de cada tarea repetitiva.
- Distribución completa de la jornada: tareas repetitivas, trabajo no repetitivo, pausas...

User Experience (UX)

2. Datos

- Frecuencia de los movimientos.
- Nivel de fuerza requerida.
- Posturas adoptadas.
- Factores complementarios.

3. Resultados

- Monotarea: se aplica la fórmula Índice OCRA Checklist = MD x MR x (F + FZ + FP + FC) donde cada elemento corresponde a un multiplicador o factor de riesgo (duración, recuperación, frecuencia, fuerza, postura y complementarios).
- Multitarea con rotaciones cortas: se calcula la media aritmética de los índices de cada tarea, ponderada por el tiempo dedicado a cada una.
- Multitarea con rotaciones largas: se aplica un procedimiento más complejo en tres pasos:
 1. Cálculo del Índice Real de Exposición (IRE) para cada tarea.
 2. Ordenación de tareas según su IRE, identificando la tarea con mayor riesgo.
 3. Aplicación de una fórmula específica para integrar todos los valores en un único índice de exposición multitarea.

OVA 25 - OCRA Checklist

Tarea: Montajes de componentes

Empresa: XYZ Fecha: 20/10/2025

Observaciones: Rotaciones entre tres tareas dentro de la línea de montaje

Tareas repetitivas

Código	D (min)	Duración	DERECHO				IZQUIERDO				OCRA			
			MD	MR	F	FZ	FP	FC	MD	MR		F	FZ	FP
TRF	10	0.50	1.40	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MDF	110	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21
CDF	110	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	1.00	0.21

MD - Multiplicador de duración: 0.93

DERECHO: 14.37 IZQUIERDO: 10.95

Índice OCRA Checklist Promediado: 18.44 16.50

Índice OCRA Checklist Completo: 14.37 10.95

Forma Foto Video Informe Aceptar Cancelar

OVA 25 - OCRA Checklist - Organización

Tarea: Montajes de componentes

Empresa: XYZ Fecha: 20/10/2025

Observaciones: Rotaciones entre tres tareas dentro de la línea de montaje

Tareas repetitivas

Código	Nombre / descripción	Ítem recuperación
TRF	Tracción referencias	☐
MDF	Modificación de referencias	☐
CDF	Cambio de referencias	☐

Distribución de la jornada

Evento	Minutos
Tarea repetitiva TRF	55
Tarea repetitiva MDF	55
Tarea repetitiva CDF	55
Recuperación	15
Trabajo no repetitivo	45
Comida incluida en horario	30
Trabajo no repetitivo	45
Tarea repetitiva TRF	55
Recuperación	15
Tarea repetitiva MDF	55
Tarea repetitiva CDF	55

Importar Copiar Nueva Borrar

Duración efectiva del turno (min): 480 Tiempo neto de trabajo no repetitivo (min): 90 Nº de horas sin recuperación adecuada: 5.9

Duración efectiva de las pausas (min): 30 Tiempo neto de trabajo repetitivo (min): 330 MR - Multiplicador de recuperación: 1.480

Comida incluida en el horario del turno (min): 30 MD - Multiplicador de duración: 0.925

Video Aceptar Cancelar

Herramienta para la aplicación del método OCRA-Checklist

Tarea 2. Avance en el desarrollo de metodología de evaluación ergonómica holística y de diseño ergonómico de puestos de trabajo

Los trastornos musculoesqueléticos y los riesgos psicosociales representan las causas más frecuentes de absentismo laboral y pérdida de productividad en Europa. A menudo, estos riesgos se analizan por separado, sin considerar su interrelación ni la influencia de variables personales como la edad o el género.

Por todo ello, las empresas enfrentan dificultades para identificar las intervenciones de diseño más efectivas para prevenir o mitigar riesgos ergonómicos en su totalidad. En este contexto, esta tarea tiene como objetivo realizar un estudio que permita seguir avanzando la actividad iniciada en la anualidad anterior en relación al desarrollo de una **metodología mixta**, sustentada en datos objetivos (sensorización) y subjetivos (cuestionarios y escalas validadas), que contribuya al desarrollo de criterios de evaluación más completos y ajustados a la diversidad de la población laboral.

Los objetivos principales del estudio son los siguientes:

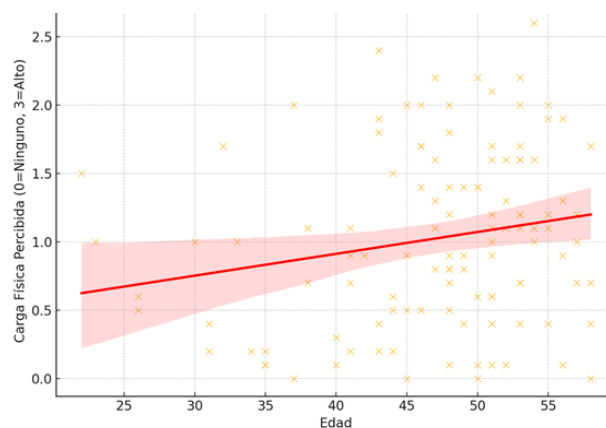
1. Identificar los principales factores de riesgo ergonómicos y psicosociales en distintos entornos laborales, considerando las diferencias de edad y género.

User Experience (UX)

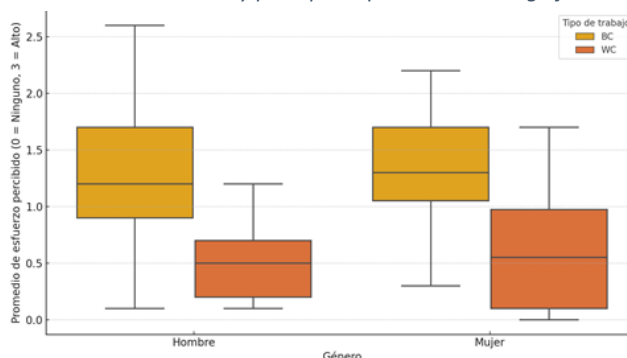
2. Analizar las relaciones entre la carga física y los factores psicosociales, determinando su influencia conjunta sobre el bienestar y la capacidad laboral.
3. Evaluar la validez de diferentes metodologías de análisis, comparando la eficacia de los métodos observacionales con los sistemas de medición basados en sensores inerciales.
4. Proponer una metodología de cribado integrada, aplicable a distintos perfiles profesionales, que facilite la priorización de medidas preventivas y de rediseño ergonómico.

Se ha llevado a cabo un estudio transversal de evaluación ergonómica con una muestra de personas trabajadoras procedentes de los sectores industrial y de servicios, con representación equilibrada de ambos géneros y una distribución de edades entre los 20 y 65 años.

Los resultados preliminares del estudio revelan patrones consistentes de relación entre los factores físicos, psicosociales y personales.



Relación entre edad y percepción promedio de carga física



Relación entre carga física percibida por género y tipo de trabajo (Blue Collar-BC vs White Collar-WC)

El estudio ha permitido recopilar una base de datos multidimensional sobre condiciones ergonómicas y psicosociales en entornos reales de trabajo, considerando la influencia de la edad y el género. Los resultados preliminares apuntan a que:

- Los **riesgos físicos y psicosociales están estrechamente relacionados**, y su interacción depende de variables personales y organizativas.
- La **edad y el género** son factores moduladores clave en la percepción y el impacto de la carga laboral.
- La combinación de **métodos observacionales, cuestionarios y herramientas cuantitativas** permite un análisis más completo y adaptado a la diversidad de los trabajadores.

Por otro lado, el estudio ha permitido validar una metodología de evaluación ergonómica holística que permite identificar de manera temprana condiciones de riesgo del puesto, tanto **riesgos ergonómicos como psicosociales**, teniendo en cuenta las características de la persona trabajadora que facilite a las empresas orientar estrategias preventivas más precisas.

User Experience (UX)

Laboratorios para actividades de I+D independiente en UX

Actividades de mantenimiento y mejora de procedimientos del laboratorio de Cocreación (Cocrea Lab)

En el marco del laboratorio de co-creación, a lo largo de 2025, el área de UX ha avanzado en la introducción y consolidación de diferentes usos de la inteligencia artificial (IA).

Se ha realizado un uso intensivo de la IA generativa como herramienta agilizadora en las diferentes fases de desarrollo de proyectos con foco en UX. El objetivo de esta anualidad no ha sido únicamente el uso intensivo de las diferentes IAs como herramientas complementarias en las que apoyarse durante determinadas tareas en el desarrollo de un proyecto de forma puntual, sino avanzar hacia lo que podemos denominar apoyo para la investigación aumentada, para que la IA generativa sirva como una herramienta transversal en la que apoyarse.

Si en 2024 el foco estuvo principalmente en mejorar la agilidad de los procesos con apoyo de la IA generativa, en 2025, alineado con la irrupción constante de nuevas herramientas y/o funcionalidades específicas de IA generativa, se ha dado un paso más en profundidad y sistematización de su uso. Debido a la velocidad de aparición de nuevas versiones de IA con diferentes funcionalidades, desde el área de UX se ha realizado un trabajo de sistematización y organización de las diferentes IAs utilizadas internamente, clarificando sus usos y testando distintas herramientas para un mismo propósito, con el objetivo de elaborar un repositorio compartido de herramientas IA y a su vez testarlas de forma crítica para valorar el potencial uso óptimo de cada una de ellas, dependiendo de la fase de proyecto.

Este trabajo ha permitido realizar análisis comparativos de resultados entre distintas IAs, con el objetivo de llevar a cabo una evaluación crítica que facilite discernir qué herramienta es más adecuada en función del tipo de estudio y del objetivo concreto. Este análisis sistemático se recoge en la siguiente imagen, donde se presenta un cuadro resumen de las diferentes IAs probadas y analizadas para distintos usos a lo largo de 2025, ofreciendo una visión global y comparativa de las herramientas empleadas, que, a modo de repositorio vivo, se va actualizando atendiendo a nuevas aplicaciones y usos de las mismas por parte del equipo.

A partir de esta visión general, y una vez mostradas las diferentes IAs utilizadas desde el área de UX, es importante señalar el avance en la profundidad de uso de las mismas, teniendo en cuenta los objetivos y las fases del estudio en las que se han empleado. En esta anualidad se ha avanzado hacia un uso más profundo de la IA en distintas tareas de proyecto y se ha dado un paso adicional en la automatización de determinados procesos, como la elaboración de materiales para la puesta en marcha de los diferentes proyectos que se llevan a cabo en el área, ya sea de investigación cuantitativa o cualitativa.

(I). Fase PRE: planteamiento y puesta en marcha de proyectos UX:

- Análisis de tendencias, AI-listening.
- Desk research, revisión bibliográfica y caracterización-dimensionamiento de mercados.

Uso de Perplexity, así como de ChatGPT y Gemini, incorporando su funcionalidad “investigación avanzada” (deep research), para el análisis cualitativo y cuantitativo de mercados, sectores o segmentos de negocio de interés.

User Experience (UX)

The screenshot displays a research tool interface with a sidebar on the left containing navigation links: 'Responder', 'Límites', and 'Imágenes'. The main content area shows a report titled 'Análisis de Mercado: Kioscos de Triaje para Servicios de Urgencias Hospitalarias'. The report includes a summary of the market, context and trends, and a list of identified products and solutions. A sidebar on the right provides a 'Identificación de Riesgos' (Risk Identification) section, detailing various risks such as technological, regulatory, and economic risks associated with the market.

Ejemplos de interacción y resultados desk research con Perplexity y GPT

- Diseño de herramientas y materiales de apoyo a la investigación:

Uso de IA para el diseño y optimización de instrumentos de investigación (guiones de grupos de discusión y entrevistas, cuestionarios, etc.) mediante la optimización de prompts y el uso de agentes de IA.

(II). Fase POST: tratamiento y análisis de la información:

- Análisis de audios y respuestas abiertas:

En esta anualidad se ha avanzado en el uso de IA para el análisis de audios procedentes de respuestas abiertas.

- Presentación de resultados:

Para apoyo en la fase de comunicación de resultados, se han aplicado herramientas de IA para mejorar el impacto visual y la comprensión de los resultados, mediante: 1) Generación de materiales visuales (con uso de VEO -generador de vídeos de Google- vía Gemini y Flow, entre otros), avanzando en línea con el desarrollo de nuevas herramientas y funcionalidades, y con la optimización de imágenes ya iniciada en anualidades anteriores. 2) Elaboración de infografías mediante herramientas como NotebookLM y mock-ups conceptuales con herramientas como Loveable. En definitiva, han servido de apoyo para generar presentaciones con impacto para poner en valor los resultados de una forma ágil y visualmente atractiva.

Mantenimiento y mejora de procedimientos del laboratorio móvil (Moving Data)

Como en anualidades previas, se ha llevado a cabo el mantenimiento y mejora de la BBDD de usuarios propia del IBV (VLC.DATA). En concreto, se ha desarrollado una funcionalidad de gestión de bajas por parte de usuarios cumpliendo normativa vigente, y se han continuado registrando variables de caracterización del usuario en diferentes esferas (se dispone de un total de 154 variables organizadas en 6 bloques o esferas), así como se ha realizado un análisis de dichas variables y del comportamiento del usuario en la plataforma.

Registro y análisis de variables de caracterización del usuario en esferas (perfilado)

Actualmente se dispone de 1206 participantes activos, suponiendo un incremento significativo con respecto a años previos (1052 en la última anualidad).

Se ha considerado la “comunidad activa” en VLC DATA a todos aquellos que han completado total o casi/totalmente las esferas temáticas y tienen el DNI validado. La función de verificación del DNI se incluyó la anualidad anterior para asegurarse que el usuario es real debido al aumento masivo de usuarios que se registraban de manera online en la plataforma y no participaban en ensayos presenciales (a estos últimos, se les valida automáticamente el DNI).

User Experience (UX)



% de cumplimentación de las esferas de la comunidad activa

Gestión del conocimiento en UX

Gestión de datos

Esta tarea, al tratarse de una actividad común a las cinco AAC, se describe de manera única tras la tabla correspondiente a UX y previamente a la tabla BASE, en el apartado *Gestión de datos en el IBV*.

Preparación de propuestas de proyectos de I+D en UX

En el marco de las actividades de I+D desarrolladas, el área de UX ha llevado a cabo una gestión sistemática del conocimiento adquirido durante el proceso de preparación de propuestas presentadas a distintas convocatorias nacionales y europeas de I+D. Este trabajo ha implicado la revisión, análisis y síntesis del estado actual del conocimiento científico, tecnológico y metodológico, así como la identificación de tendencias, necesidades no cubiertas y oportunidades de innovación desde una perspectiva centrada en la persona.

A continuación, se muestran un resumen del conocimiento adquirido durante la preparación de propuestas en las tres líneas principales de I+D del área UX:

(1) Innovación Social

Se consolidan modelos de innovación orientados por las personas, basados en la co-creación y la participación activa de ciudadanía y agentes del ecosistema social, sanitario y territorial, junto con la humanización de servicios públicos y de entornos urbanos complejos. Paralelamente, avanza la convergencia entre innovación social, tecnológica y organizativa, bajo principios de uso responsable y ético de tecnologías y datos, impacto social medible y enfoques comunitarios y territoriales que refuerzan cohesión, inclusión y sostenibilidad. Las propuestas integran metodologías avanzadas de UX y diseño de experiencias (incluida la virtualización de productos y entornos y la incorporación de usuarios sintéticos como un agente más), así como el aprovechamiento de datos abiertos de fuentes oficiales y de datos masivos generados por la ciudadanía en entornos digitales y redes sociales para comprender, en tiempo real, percepciones, necesidades, comportamientos y dinámicas sociales. Todo ello se complementa con cuadros de mando interactivos y asistentes conversacionales que facilitan la toma de decisiones informadas y transparentes.

(2) Promoción para el Envejecimiento Activo y Saludable

Se identifican tendencias que apuntan hacia una evolución del sector basada en modelos de cuidado centrados en la persona, la digitalización inteligente del entorno domiciliario y el uso de inteligencia artificial con enfoque preventivo. De forma transversal, emerge como aspecto crítico la ética de la inteligencia artificial, vinculada a la transparencia de los algoritmos, la explicabilidad de las decisiones automatizadas, la protección de datos, la no discriminación y el respeto a la autonomía y dignidad de las personas mayores. Asimismo, se observa una orientación creciente hacia tecnologías no invasivas y robótica social emocionalmente aceptable, la interoperabilidad de sistemas y la integración de perspectivas de género, equidad y accesibilidad universal. En las propuestas se han integrado avances en metodologías de diseño centrado en el usuario, co-creación, accesibilidad, usabilidad, diseño inclusivo y aceptación de tecnologías y robótica por parte de personas mayores y agentes del ecosistema sociosanitario, como factores críticos de adopción y sostenibilidad de las

User Experience (UX)

soluciones a desarrollar en las propuestas, aportando un enfoque innovador, humanizado y alineado con los retos sociales y tecnológicos actuales.

(3) Prevención de Riesgos Ergonómicos

Se identifican tendencias que apuntan hacia una evolución de la prevención de riesgos ergonómicos basada en enfoques predictivos, personalizados y centrados en la persona trabajadora, impulsados por la digitalización de los entornos laborales, la monitorización avanzada en continuo y el uso de inteligencia artificial aplicada a la ergonomía física y psicosocial. De forma transversal, emerge como aspecto crítico la gestión ética y responsable de estas tecnologías, especialmente en lo relativo a la transparencia y explicabilidad de los algoritmos, la protección de datos personales, la no estigmatización de colectivos (personas mayores, con patologías previas o reincorporadas tras baja) y el respeto a la autonomía, la dignidad y la participación activa de las personas trabajadoras. Asimismo, se observa una orientación creciente hacia soluciones tecnológicas no invasivas y aceptables en el contexto laboral, la integración de variables físicas, cognitivas y organizativas, la interoperabilidad entre sistemas de monitorización y gestión preventiva, y la incorporación sistemática de la perspectiva de edad, género y diversidad funcional. En las propuestas se han integrado avances en metodologías de evaluación ergonómica holística, co-diseño con empresas y personas trabajadoras, evaluación en continuo en contextos reales de trabajo y criterios de usabilidad, aceptabilidad y adopción organizativa, como factores clave de eficacia preventiva y sostenibilidad.

Sesiones de discusión UX

El conocimiento generado en UX se puso en común en diferentes sesiones internas del IBV. En estas sesiones los investigadores del área compartían el conocimiento asociado a la participación en congresos o al desarrollo de proyectos de I+D. Estas sesiones permitieron, además de compartir los logros alcanzados de avance de conocimiento durante esta anualidad, obtener los aspectos técnicos a avanzar en el área las próximas anualidades.

A modo de ejemplo, se muestran imágenes de dos sesiones internas para compartir conocimiento relacionado con dos congresos (PREVENCIONAR 2025 y La Arroba de I+A 2025) en UX.



Sesión de discusión UX

Actualización de la hoja de ruta UX

Durante esta anualidad, se ha actualizado la hoja de ruta teniendo en cuenta el estado actual del conocimiento, las tendencias, necesidades no cubiertas y oportunidades de innovación identificadas principalmente durante la preparación de propuestas de I+D, el desarrollo de proyectos de I+D, la participación en congresos, así como también durante las sesiones de discusión UX llevadas a cabo.

(1) Innovación Social

Las actividades futuras de I+D en esta línea están orientadas al diseño de metodologías robustas de UX aplicadas a la innovación social, el desarrollo de modelos y herramientas para la co-creación y validación.

(2) Promoción para el Envejecimiento Activo y Saludable

Las actividades futuras de I+D en esta línea se orientan al desarrollo de ecosistemas digitales de cuidado personalizados y conectados, a metodologías avanzadas de UX y a la estandarización de la evaluación de la experiencia en contextos reales.

User Experience (UX)

(3) Prevención de Riesgos Ergonómicos

Las actividades futuras de I+D en esta línea se orientan al desarrollo de metodologías y herramientas de evaluación y monitorización ergonómica multimodal continua (incluida monitorización no invasiva), modelos predictivos basados en IA para anticipar trastornos musculoesqueléticos y riesgos psicosociales.

Vigilancia científico-tecnológica en UX

Revisión de conocimiento científico-técnico e identificación de centros referentes

(1) Innovación Social

El IBV participó como ponente en “*CIVITAS Public Transport Cluster meeting*”. Se analizaron iniciativas impulsadas por entidades líderes como *EIT Urban Mobility* o *NetZeroCities*. A destacar, las experiencias en el diseño de hubs multimodales y paradas inteligentes y el despliegue de servicios de micromovilidad con un enfoque prioritario en accesibilidad, equidad y seguridad, el desarrollo de estrategias personalizadas de cambio de comportamiento adaptadas a distintos grupos sociales y la aplicación de sistemas de planificación urbana basados en modelos predictivos de demanda analizando datos abiertos.

Se ha realizado una intensa labor de actualización de conocimiento sobre el uso de la IA en innovación social y metodologías UX, mediante la revisión de publicaciones especializadas y la participación en foros organizados por centros y asociaciones de referencia como *ESOMAR* e *Insights + Analytics España*.

(2) Promoción para el Envejecimiento Activo y Saludable

Destacan las aportaciones de centros y empresas referentes como *Indra–Minsait*, con capacidades avanzadas en plataformas digitales e inteligencia artificial, y *Serenia Solutions*, especializada en la evaluación del estado emocional y cognitivo de las personas mayores. De forma complementaria, el *Plan de Humanización de la Asistencia Sanitaria del Sistema Valenciano de Salud 2025–2028* refuerza la necesidad de entornos sanitarios accesibles y confortables, de una participación activa de las personas mayores en la toma de decisiones y del uso de **tecnologías digitales humanizadas** que faciliten el seguimiento, la comunicación y el acompañamiento, evitando la brecha digital.

(3) Prevención de Riesgos Ergonómicos

Cabe destacar la participación activa en los congresos *Prevencionar* y *Laboralia*. Destacan como centros la *OIT*, mutuas colaboradoras con la Seguridad Social (*Asepeyo*, *Fraternidad-Muprespa*), servicios de prevención (*Avanta Prevención*, *Quirónprevención*), universidades (*Universidad de Córdoba*, *Universidad Internacional SEK*, *Universitat de Catalunya*), así como empresas innovadoras como *ILUNION*.

Participación en redes de I+D

En el campo de la **experiencia de usuario e innovación social**, a destacar la participación del IBV como socio patrocinador desde diciembre 2022 del *Club de Marketing del Mediterráneo* y socio del comité de innovación, asistiendo a los diferentes eventos que ha organizado durante esta anualidad.

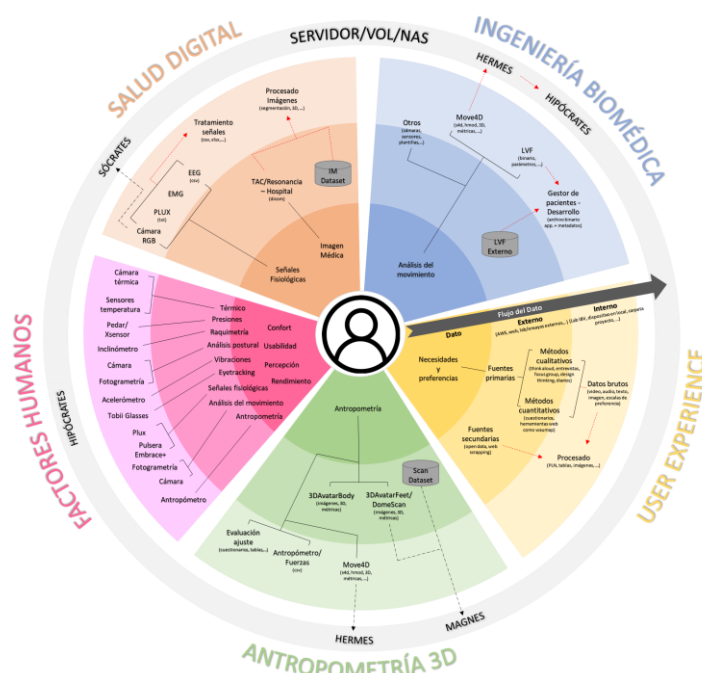
En relación a la gestión de datos personales, se ha asistido a las reuniones de la *asociación Mydata*, de la cual la plataforma VLC.DATA es un Mydata Operator. En concreto, durante esta anualidad se ha debatido principalmente sobre la ética de la IA.

En el campo de la **Ergonomía Laboral**, el IBV es vocal de la Junta de la *Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana (ErgoCV)*. Además, es miembro de la junta directiva de la *Asociación Española de Ergonomía* (ostentando la vocalía de innovación) y participa en la *UNE*, como vocal comité de normalización en el campo de la ergonomía laboral. Por otro lado, es miembro de la *Red Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (RESST)*, participando en los encuentros de la Red y transmitiendo información sobre los nuevos avances de innovación en el campo de la ergonomía.

Gestión de datos en el IBV

1. Diagnóstico inicial

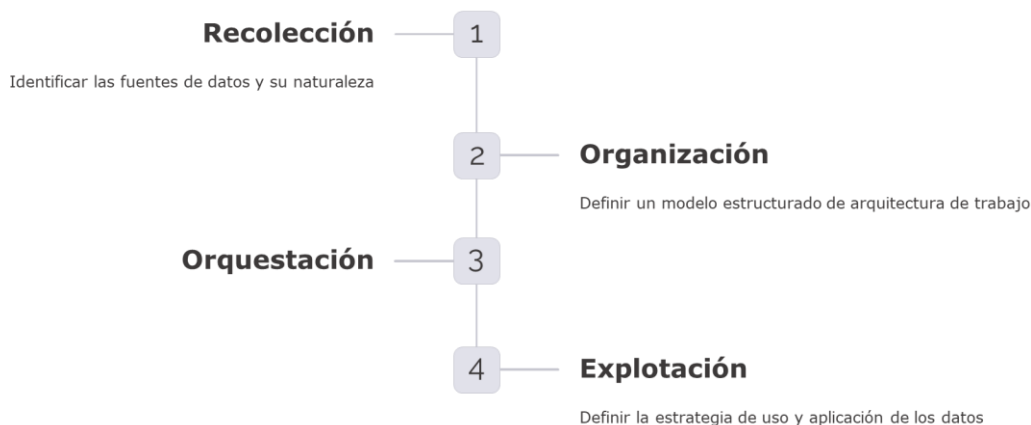
Se propone la implementación de una nueva metodología que permita integrar y aprovechar toda la información para la mejora de los procesos productivos.



La metodología propuesta se vertebra en un marco de trabajo que abarca el proceso completo que sigue la información desde su generación hasta convertirse en conocimiento valioso para la toma de decisiones.

Esta metodología se estructura en cuatro fases críticas que garantizan la integridad y el valor del dato:

1. **Recolección:** Identificación de las fuentes de datos y comprensión de su naturaleza.
2. **Organización:** Definición de un modelo estructurado de arquitectura de trabajo.
3. **Orquestación:** Diseño e implementación de flujos automatizados de transformación y gestión.
4. **Explotación:** Definición de la estrategia de uso y aplicación de los datos para la generación de valor.



3. Arquitectura Tecnológica Propuesta

Para soportar esta metodología, se desplegará una arquitectura híbrida y escalable que diferencia claramente entre el almacenamiento de datos crudos y datos explotables:



4. Innovación Tecnológica

La arquitectura propuesta permite capitalizar el potencial de la IA y los sistemas multiagente. En ella, diversos agentes especializados se coordinan para ejecutar tareas complejas de forma autónoma, actuando como un 'enjambre' operativo altamente eficiente.

La infraestructura de datos habilitará el despliegue de agentes para tareas de alto valor añadido, tales como:

- Automatización de Procesos
- Inteligencia de Mercado
- Optimización Operativa
- Interacción Avanzada

5. Impacto esperado y beneficios

La implementación de esta metodología supondrá una revalorización directa de los activos de datos de la organización. Se esperan los siguientes impactos cualitativos y cuantitativos:

- **Eficiencia Operativa:** Automatización de tareas repetitivas y reducción de tiempos en la generación de informes y análisis.
- **Escalabilidad:** Capacidad para integrar nuevas fuentes de datos y funcionalidades sin reestructurar la arquitectura base.
- **Toma de Decisiones Informada:** Acceso a datos estructurados y fiables para la definición de nuevos productos y servicios.
- **Aumento de Capacidades:** Los agentes IA actuarán como multiplicadores de la productividad del equipo humano, permitiendo abordar retos técnicos de mayor complejidad.

En conclusión, este nuevo enfoque no solo resuelve la problemática actual de desorganización y variabilidad de datos, sino que establece una base tecnológica robusta que habilita la adopción de Inteligencia Artificial avanzada, asegurando la competitividad futura de la entidad.

Actividad BASE en I+D independiente



Actividad base en I+D independiente durante 2023

Actividades de inteligencia competitiva y de protección de la I+D

ACTIVIDADES DE INTELIGENCIA COMPETITIVA

Las actividades de inteligencia competitiva (IC) comprenden un amplio abanico de tareas, de diversa naturaleza, y que tienen por objetivo común aportar información, ya analizada y sintetizada, que sirva de apoyo a la toma de decisiones, tanto para uso externo como interno. Mediante estas actividades de inteligencia competitiva, el IBV –a través de sus diferentes Áreas de Aplicación de Conocimiento (AAC)– y su entorno empresarial, tienen la posibilidad de conocer mejor –por ejemplo y entre otra información– los segmentos de actividad y/o mercados a los que dirigen sus propuestas de valor, identificar su tamaño, la evolución esperada, los agentes clave intervinientes (sus roles, intereses y relaciones cruzadas) o las empresas que operan en ellos, además de las restricciones y barreras existentes, para comprender las vías a través de las que aportar valor en el marco de sus líneas de I+D (actuales y futuras).

BLOQUE 1. SELECCIÓN DE TENDENCIAS DEL ENTORNO DE ESPECIAL RELEVANCIA

1. GEMELO DIGITAL COGNITIVO

La necesidad de minimizar costes, tiempos y afinar el desempeño de ciertas estructuras o sistemas complejos, ha llevado al desarrollo de simulaciones cada vez más avanzadas de estas aplicaciones para conseguir niveles más altos de productividad en su operativa y explotación, especialmente en el marco de las actividades industriales. Hablamos así de los “**gemelos digitales**”, concebidos para recrear objetos o procesos conteniendo toda su información de forma idéntica, e imitar el comportamiento de estos homólogos reales a fin de minimizar riesgos y alcanzar mejoras de rendimiento.

Esta tecnología ya forma parte de la estrategia de las empresas más innovadoras, particularmente aquellas que están realizando avances en todo lo relacionado con la industria conectada. El gemelo se construye de modo que pueda recibir input de datos –de manera puntual o de forma continua, y desde una o más fuentes– a fin de simular el objeto físico de la manera más fiel posible. Por ejemplo, puede ser utilizado para evaluar el funcionamiento típico de un dispositivo, para ello se nutre a la réplica digital con datos sobre parámetros de funcionamiento a fin de anticipar problemas potenciales en el sistema físico. En una etapa anterior podría servir también como prototipo, para experimentar y realizar pruebas iniciales previamente al desarrollo de una versión real.

Más allá de las **aplicaciones puramente industriales**, el gemelo digital está haciéndose hueco en **otros campos de actividad** como la agricultura o la sanidad, pero también en segmentos como la gestión de propiedades inmobiliarias (edificios) o la operativa urbana dentro del contexto de las *smart cities* (Singapur es una pionera integrando sistemas de inteligencia de información geográfica y de modelado para la edificación en su réplica digital, con la finalidad de valorar mejor las propuestas de planificación urbana).

Las iniciativas de gemelo digital **se extienden incluso a ámbitos menos evidentes** como el sector financiero, el sistema económico, y **hasta las propias personas**. En este último caso, la relevancia de muchos de los datos que genera una persona hace que la creación de gemelos digitales de los individuos adquiera pleno sentido, si bien –como extensión de los dilemas que aplican a los desarrollos basados en

Actividad BASE en I+D independiente

inteligencia artificial– aparecen cuestiones éticas de difícil resolución a medida que estas réplicas logran capacidades más avanzadas para los usuarios. Con todo, su aprovechamiento resulta muy importante, no solo **en el área de la salud** –tanto en el plano personal (a partir de registros sanitarios, datos de parámetros fisiológicos, etc.) como en el plano profesional (p.e. para anticipar la materialización de riesgos en el desempeño del trabajo, prevenir accidentes, etc.)–, sino también en disciplinas tan dispares como la **gestión del conocimiento** atesorada por el capital humano de las empresas, o el **terreno deportivo** donde el uso de recursos como sensores, GPS y grabaciones de los deportistas facilita la generación de modelos digitales de los mismos que pueden ayudar a alertar de potenciales peligros como lesiones o limitaciones en la condición física.

Otro de los ejemplos más llamativos de aplicación del gemelo digital es sobre el propio planeta Tierra, impulsado a través de la **iniciativa “Destination Earth” (DestinE)** de la Comisión Europea, y que pretende poner el foco en el cambio climático y en los fenómenos meteorológicos extremos (entre otros), para prevenir desastres naturales y eventos críticos de degradación medioambiental con un nivel de confianza nunca visto hasta el momento.



Sin embargo, la **evolución de los gemelos digitales** no tiene lugar únicamente desde la vertiente de nuevos campos de aplicación, sino también **desde la perspectiva de integración de mayores capacidades**. En este sentido, el gemelo digital se origina (1) como una mera copia del ente físico al que representa y básicamente con fines de simulación, para convertirse en un siguiente nivel de maduración en (2) un doble totalmente sincronizado con su homólogo real para poder compartir así la información de estado de este último e, incluso, influir en cierta manera en su funcionamiento. El siguiente escalón en esta progresión se prevé que resulte en (3) una configuración en la que el gemelo digital deja de ser un elemento pasivo para asumir un rol más activo, y presentar así un cierto grado de autonomía dirigida, por ejemplo, a ayudar a ejecutar las funciones del elemento objeto de réplica que, por tanto, mantiene una relación de dependencia con su versión digital. En un último hito evolutivo cabe esperar que (4) el gemelo sea prácticamente autónomo, proporcionando más o mejores funcionalidades (prestaciones aumentadas) que el sistema físico representado y que, además, pueda interactuar con el entorno y hasta con otros pares físico-digitales.

Asimismo, **el propio concepto de gemelo digital también es susceptible de ampliación**. Si, en primera instancia, **“gemelo digital” (a secas)** puede entenderse como la materialización de un conjunto de modelos separados que se corresponden con partes integrantes del homólogo real; el **“gemelo digital híbrido”**, en segundo término, se fundamenta en el entrelazamiento de estos modelos para conectarlos entre sí y aplica métodos de analítica avanzada para conseguir una mejor capacidad predictiva sobre el comportamiento del sistema físico. Por su parte, en un tercer nivel aparece el **“gemelo digital cognitivo”**, que es una extensión de la variante “híbrida” que implementa una capa superior de inteligencia gracias a sus atributos de conocimiento y trabaja dinámicamente sobre estrategias de optimización y mejora continua para una mejor toma de decisiones especialmente frente a tareas o problemáticas complejas.

A este respecto, el **Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)** ha desarrollado mediante inteligencia artificial un gemelo digital cognitivo relacionado con la resistencia de las infraestructuras, que es capaz de valorar la idoneidad de los inputs aprendidos y hacer, en su caso, las correcciones o

Actividad BASE en I+D independiente

mejoras pertinentes a partir del análisis de los datos disponibles. Mediante la exploración de imágenes de vídeo, el gemelo puede adaptar por ejemplo el modelo ‘preaprendido’ de una viga para dar lugar a construcciones más fiables y seguras.

Por otro lado, el **proyecto europeo de innovación COGNITWIN** ha trabajado en este tipo de réplica digital para dotar de funcionalidades cognitivas a los sistemas de control de procesos de tipo industrial, a fin de que estos dispongan de autonomía propia de organización y puedan proponer alternativas de actuación frente a comportamientos imprevistos.



Para el sector de los centros de datos (*data centres*) –industria que ostenta uno de los mayores consumos energéticos a escala global– la **empresa Red Dot Analytics (RDA)**, spin off de la Nanyang Technological University de Singapur, cuenta con una solución de gemelo digital cognitivo para digitalizar, optimizar y automatizar la gestión y operaciones de instalaciones de centros de datos. De esta forma permite atajar las ineficiencias de estos recintos y mejora su huella de carbono en el medioambiente: disminuyendo el gasto energético, las averías y los errores humanos, así como aumentando la capacidad de utilización de estos centros.



De igual forma, la empresa británica de software **OpenSpace** se dedica al desarrollo de gemelos digitales cognitivos orientados a la gestión de flujos de personas en el contexto de movilidad en entornos urbanos. Así, crearon uno de estos gemelos para el *hub* de movilidad de *St. Pancras* en Londres, ofreciendo datos en tiempo real y servicios de analítica predictiva (utilizando para ello una novedosa tecnología de detección de personas basada en visión por computadora, simulación de peatones a partir de inteligencia artificial y técnicas de visualización punteras), con el objetivo de dar soporte a los operadores/gestores de transporte a manejar de la forma más segura y eficiente los flujos de ciudadanos y potenciar la experiencia de los usuarios de la red.

2. PREHABILITACIÓN

El sector sanitario afronta una situación de constante cuestionamiento de los servicios de salud pública debido a la tensión generada por el continuo aumento en el gasto destinado a esta partida. La realidad es que, en la actualidad, el 80% de la totalidad de los recursos sanitarios especializados se destinan a cubrir las necesidades asistenciales de solo un 20% de los pacientes atendidos.

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de impulsar una transformación profunda en la manera en la que se gestionan los recursos sanitarios, incluyendo el impacto y efectividad de las intervenciones clínicas. Resulta importante, pues, dotar al sector sanitario de nuevas herramientas para mejorar la eficacia de las intervenciones sanitarias que contribuyan, de manera significativa, al mejor aprovechamiento de los recursos sanitarios, favoreciendo la configuración de nuevos y más sostenibles procesos asistenciales.

Actividad BASE en I+D independiente

Una de las aproximaciones actuales a la hora de valorar la eficiencia de los procesos hospitalarios es el uso de información procedente de los pacientes. A este respecto, existe una clara necesidad de obtener datos fiables y válidos, más allá de los percibidos por los propios pacientes. Entre estos últimos, uno de los más relevantes y principal fuente de insatisfacción, es la falta de coincidencia entre la experiencia real y las expectativas en relación a una intervención aplicada. Estas expectativas varían mucho entre pacientes, especialmente en función de su edad. Así, ante una intervención temprana, los usuarios más jóvenes suelen esperar no solo alivio del dolor sino también la corrección de cualquier irregularidad y un retorno rápido a las actividades físicas y recreativas, lo cual no se corresponde con lo que esperan pacientes más longevos, donde una mejora relativamente menor en su estado clínico es suficiente para lograr un elevado aumento en su satisfacción.

El análisis basado en indicadores clínicos permite recoger información relevante acerca de la situación de un paciente que ha sido sometido a una cierta intervención médica. Estos indicadores comprenden no solo una gran variedad de datos subjetivos aportados por el usuario y relativos —entre otros— al dolor, al estado general o a la función mental (parámetros que se suelen recoger en escalas o cuestionarios que permiten hacer seguimiento del paciente y cuya información cualitativa se traduce en valores cuantitativos medibles y comparables), sino también parámetros de carácter objetivo como, por ejemplo, el grado de recuperación de la función anatómica objeto de actuación o la evolución terapéutica monitorizada a través de sistemas de imagen médica. Toda esta información extraída de la percepción subjetiva del paciente, junto con los resultados objetivos proporcionados desde enfoques como la valoración funcional, resulta un input clave en la definición de indicadores de desempeño en el contexto hospitalario.

Una de las iniciativas más destacadas respecto a la estandarización de la recogida de la información del paciente y dirigida al uso clínico, es la liderada por el *International Consortium for Health Outcomes Measurement* (ICHOM), entidad que provee un estándar de indicadores relevantes para el paciente por patologías específicas y que permiten ser recogidos de forma generalizada, abriendo así nuevas posibilidades para comparar de manera más global el comportamiento de las actuaciones efectuadas y permitiendo a los especialistas aprender recíprocamente para, en definitiva, mejorar la atención clínica al paciente.



En concreto, el ICHOM ha establecido un conjunto estándar de variables en torno a patologías médicas específicas en las que recomienda evaluar áreas como la información personal o del caso concreto (datos sociodemográficos, situación clínica basal y otros factores generales), el tratamiento (procedimiento quirúrgico, progresión, etc.) y resultados clínicos (relacionados con el estado de salud informado por el paciente, incluyendo el grado de satisfacción y de mejora de la calidad vida percibida, así como las complicaciones agudas surgidas).

En este camino de avanzar hacia la mejora significativa del rendimiento de los servicios sanitarios contribuyen mecanismos y procedimientos como la rehabilitación multimodal en cirugía (en inglés, *Enhanced Recovery After Surgery* o ERAS) que, según la última guía publicada por el Grupo Español de Rehabilitación Multimodal (GERM), se trata de un enfoque de manejo y cuidado de los pacientes quirúrgicos que intenta que las personas lleguen al quirófano en las mejores condiciones posibles, con el mejor tratamiento posible durante la cirugía y que su recuperación posterior sea la más eficaz. Todo ello a partir de la implementación de medidas perioperatorias, la colaboración interdisciplinar de los

Actividad BASE en I+D independiente

profesionales sanitarios y la participación activa del paciente, que dan como resultado estancias hospitalarias más cortas y producen menos complicaciones sin impactar en la ratio de reingresos (algunos estudios cifran en hasta un 30% el total de pacientes quirúrgicos que padecen complicaciones postoperatorias).



Entre las estrategias enmarcadas en el período inicial y ambulatorio de preparación del paciente surge la **prehabilitación** (una suerte de rehabilitación preventiva) que, atendiendo nuevamente a la guía del GERM, agrupa aquellas intervenciones encaminadas a que el paciente mejore su capacidad funcional previa a la intervención y, asimismo, aborde en las mejores condiciones la repercusión orgánica que supone el procedimiento quirúrgico o también terapéutico en los casos de oncología (y no solamente en lo referido al período inmediatamente posterior, sino también a largo plazo), teniendo en especial consideración a perfiles de pacientes más vulnerables –como el segmento de personas mayores– debido, sobre todo, a situaciones de fragilidad o comorbilidades.

La prehabilitación propone cuidados desde tres vías complementarias: actividad física (terapia física de resistencia, fuerza muscular, respiratoria), alimentación (optimización de la dieta, recomendaciones nutricionales) y salud mental (terapia cognitiva y de apoyo psicológico dirigidas a disminuir los estados de depresión y ansiedad asociados al proceso).

El ahorro anual estimado desde el **Hospital Clínico Universitario “Lozano Blesa” de Zaragoza** por la aplicación de su programa de prehabilitación, solamente en cirugías de colon y de vejiga realizadas a unos 150 pacientes, fue de aproximadamente 850.000 euros, al conseguir con este grupo reducciones de alrededor del 60% en los días de estancia en planta y no requerir de ningún día en la UCI. En esta línea, el **Hospital de Bellvitge** ha conseguido que, en los últimos tres años, alrededor de 1.500 pacientes se hayan beneficiado de su protocolo ERAS desde los servicios de cirugía plástica, torácica, colorrectal, ortopédica-traumatológica y urología, con una minoración de la permanencia hospitalaria de entre un 24% y un 64%, además de elevados índices de satisfacción por parte de estos pacientes.



En el **Hospital Clínic de Barcelona**, y dentro de su programa para el “Manejo Integral Transversal Multidisciplinar de la Estenosis Valvular Aórtica” (MITMEVA), la prehabilitación se organiza a través de una app de seguimiento médico donde los pacientes reciben comunicaciones diarias con recomendaciones pre-, intra- y postoperatorias con el objetivo final de mejorar la calidad y la eficiencia de la gestión clínica de este colectivo de pacientes. También sobre la base de una aplicación móvil, la empresa valenciana **Dextro Médica** ha ideado PREHAPP, solución software dirigida a registrar y analizar la prehabilitación de pacientes quirúrgicos, esto es, de las diferentes pautas y cuidados establecidos en cada una de las fases del procedimiento quirúrgico, facilitando de esta forma la interconexión entre el equipo de profesionales sanitarios, así como la comunicación y participación activa del paciente en el proceso.

Actividad BASE en I+D independiente



Un avance en la concepción actual de la prehabilitación lo está testando la **Universidad de Gotemburgo**, que en su proyecto de investigación PREHAB está explorando la implementación de medidas de prehabilitación en atención primaria (concretamente en los servicios de fisioterapia y terapia ocupacional), con el objetivo de mejorar la capacidad de trabajo y salud mental de trabajadores con depresión y ansiedad. El propósito es prestar apoyo a estos trabajadores a desarrollar nuevas estrategias para autogestionarse su estado de salud y situación laboral, y evitar de esta forma potenciales bajas de larga duración.



Que la prehabilitación siga extendiéndose y consolidándose depende de múltiples factores. Algunos de los principales desafíos que tiene por delante es la consecución de un mayor volumen de evidencia científica que atestigüe las bondades de sus efectos, la necesaria cooperación interdisciplinar e intersectorial (enfoque sociosanitario) para implementar estos modelos prehabilitadores, y la propia corresponsabilidad del paciente en términos de compromiso y adherencia y como sujeto activo y crucial para contribuir al éxito del proceso.

Por el momento, la prehabilitación también ha encontrado su hueco y aprovechamiento en el ámbito deportivo. Así, por ejemplo, la empresa **Recover Athletics** ha lanzado su app de prehabilitación para *runners*, que utiliza datos de entrenamientos procedentes de Strava junto con datos de estudios de fisioterapia sobre la percepción de dolencias, a fin de generar automáticamente planes de recuperación activa personalizados de acuerdo a las necesidades particulares de cada corredor.



ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN DE LA I+D

En 2025 estas actividades han consistido en:

- a) *La identificación de aquellos resultados y conocimientos generados en las diferentes Áreas de Aplicación de Conocimiento, que por su naturaleza han sido considerados como susceptibles de necesidad de protección.*
 1. Realizar la solicitud de patente española número P202530472, y con título “Método y sistema de estimación de la estructura trabecular ósea de un paciente a partir de datos clínicos e imagen médica”.

Actividad BASE en I+D independiente

2. Realizar la solicitud de patente española número P202530176, y con título *“Método implementado por ordenador de evaluación personalizada de estímulo atractor para modelos de remodelación ósea, a partir de imágenes tomadas a un paciente”*.
3. Proteger el programa de ordenador *“Modelo basado en Vision Transformers para la predicción del ángulo de Cobb en imágenes médicas”*.

b) La elección de modalidad de protección que por la naturaleza del resultado es la adecuada.

Para los métodos de estimación y evaluación ósea (puntos 1 y 2) se ha optado por la Propiedad Industrial (patentes). Para el modelo basado en Vision Transformers (punto 3), se ha optado por la Propiedad Intelectual (Derechos de Autor) mediante su inscripción en el Registro.

c) La gestión de la protección, incluyendo la recopilación de la información requerida para la misma, identificación de los autores, preparación de la documentación y solicitud de la protección.

d) Mantenimiento de la actividad de protección de la I+D.

Asimismo, se llevaron a cabo las actividades de gestión y mantenimiento de las protecciones de las que previamente disponía el IBV, fruto de la actividad de I+D realizada hasta la fecha, así como actividades de exploración de posibles protecciones que puedan emplearse en un futuro considerando las líneas de investigación actuales y futuras de las diferentes Áreas de Aplicación de Conocimiento.