Innovación biomecánica en Europa

01

Diciembre 2012

Programa de ayudas dirigidas a institutos tecnológicos de la Red IMPIVA 2012

Proyectos cofinanciados por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013

IBV
INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

Revista online creada en 2012 por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) para la difusión de los “Proyectos cofinanciados por los Fondos FEDER, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013”.

©

proyectos

4 Eficiencia y calidad en los centros hospitalarios (EFFICARE)

7 Fabricación aditiva de nuevas aleaciones de altas prestaciones para el sector sanitario (BIOMETAL)

10 Desarrollo de producto personalizado con el mínimo material necesario y fabricación por tecnologías aditivas (MINIMAT)

13 Videojuegos para mejorar la calidad de vida de los mayores (SENIORPLAY)

18 Asistencia personal en tiempo real para la mejora de la eficiencia y la calidad de vida (SMARTASSIST)

21 Mejora de la calidad de vida de la población activa a través de la INTEGRación de la ALImentación y la ACtividad Física (INTEGRALIAC)

23 Desarrollo de metodologías y herramientas morfométricas para la explotación de bases de datos tridimensionales del cuerpo humano orientadas al diseño y evaluación funcional del ajuste en indumentaria (MORFODATA)

26 Desarrollo de modelos biomecánicos con segmentos deformables. Aplicaciones al modelado del miembro inferior (MODEF)

29 Desarrollo de una metodología para la evaluación virtual del ajuste de cascos y guantes de protección (AJUSTE)

33 Análisis de la respuesta emocional y el comportamiento para la evaluación de la usabilidad web (USABWEB)

36 Un nuevo servicio para incorporar la opinión de los usuarios en el diseño (CONEMO)

39 Aplicación del análisis de datos funcionales a la caracterización de la función articular del cuello (FDART)

42 Puesta a punto de metodología para la valoración de la calidad percibida de productos a partir de representaciones visuales (UNREAL)

44 Pay-Per-Use for a Sustainable Mobility (Pay-per-use SIM)

48 Plan de actividades de carácter no económico del Instituto de Biomecánica de Valencia para 2012 orientado a la mejora de la competitividad empresarial

Eficiencia y calidad en los centros hospitalarios (EFFICARE)

Introducción

Los entornos hospitalarios existentes son centros de alta concurrencia de personas y grandes consumidores de recursos. Con el objetivo de reducir los costes relacionados con estos consumos, los gestores hospitalarios buscan soluciones que permitan **optimizar la calidad de atención, la estancia de sus pacientes y el consumo energético**. Muchas empresas de Servicios Energéticos (ESE) están realizando propuestas de mejora de eficiencia energética e instalación de energías renovables asumiendo parte o la totalidad de las inversiones necesarias cobrando en función de los ahorros alcanzados.

Bajo estas condiciones se ha desarrollado el proyecto "Adecuación de entonos hospitalarios para la mejora de la sostenibilidad y la calidad de vida". Los objetivos del proyecto han sido **evaluar e investigar sobre medidas innovadoras de adecuación de entornos (a nivel constructivo, de equipamiento y de automatización) y mejora de eficiencia energética,** con el fin de **optimizar las actividades humanas y reducir consumos,** mejorando la calidad de vida de los usuarios, profesionales y pacientes.

En el proyecto han participado el Instituto de Biomecánica (IBV), el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE) y el Instituto Tecnológico de Informática (ITI).

El trabajo del Instituto de Biomecánica en el proyecto se ha basado en la realización de entrevistas, grupos de discusión y estudios de campo para identificar las principales necesidades que presentan los trabajadores, pacientes y acompañantes en materia de ergonomía, señalización y confort. Con todo ello ha desarrollado una aplicación informática capaz de evaluar las estancias del hospital bajo dichos requisitos y capaz de proponer mejoras.

Figura 1: Habitación tipo de un hospital con asiento para acompañante.

El Instituto Tecnológico de la Energía ha determinado cuáles son los indicadores más relevantes para evaluar la eficiencia energética general del edificio y, en particular, de la zona de asistencia u hospitalización. También ha diseñado un dispositivo capaz de integrar las necesidades de sensorización y comunicación de un entorno inteligente dentro de un centro hospitalario.

El trabajo del Instituto Tecnológico de Informática se ha centrado en el diseño de un sistema inteligente que, con la ayuda de las TIC, permite integrar el conocimiento generado en una aplicación informática a través de la cual se pueden gestionar diversos aspectos del hospital relacionados con la eficiencia energética, el confort y la calidad de vida de los usuarios.

Este proyecto se inició en 2011 y ha tenido una duración de dos años.

Resultados

El principal resultado del proyecto ha sido el desarrollo de una aplicación informática orientada para ser utilizada y explotada por los hospitales, con el fin de mejorar su eficiencia y la calidad de vida de los usuarios.

La aplicación dispone de dos grandes funcionalidades:

- Análisis de la ergonomía, confort y señalización.
- Gestión de información basada en variables sobre eficiencia energética y confort.

Análisis de la ergonomía, confort y señalización

La ergonomía, el confort y la señalización son de las cuestiones que más influyen en la satisfacción de todos los agentes que utilizan un hospital.

Durante el proyecto se ha obtenido información de gran interés mediante revisiones bibliográficas, estudios de campo, entrevistas y grupos de discusión a trabajadores, pacientes y acompañantes. Toda la información recopilada se ha implementado en una aplicación informática.

Desde el punto de vista de la señalización, los tamaños de letra, el contraste de colores, la ubicación de la cartelería, etc., son algunos de los aspectos evaluados. Mediante el análisis de la ergonomía se controla que el mobiliario (mesas, sillas, camillas, armarios, etc.) cumple con los requisitos de tamaño, material y características funcionales adecuadas. El confort comprende aspectos relacionados con la acústica, la iluminación y la temperatura ambiental.

Figura 2: Sala de espera tipo de un hospital.

El objetivo final de la aplicación es disponer de una herramienta de autoevaluación de la ergonomía, el confort y la señalización de los diferentes espacios de un hospital. Para ello, mediante una serie de cuestiones, el gestor del hospital puede evaluar el estado de los productos y espacios y seleccionar las mejoras asociadas. De esta forma se garantiza la satisfacción de los usuarios, fomentando así la búsqueda de la calidad de los centros hospitalarios.

Para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto se ha contado con la participación de dos hospitales representativos de la Comunitat Valenciana, el Hospital Universitari i Politècnic La Fe de Valencia y el Hospital General de Castellón.

Gestión de información basada en variables sobre eficiencia energética y confort

El ITE ha diseñado un dispositivo capaz de adquirir, monitorizar y centralizar las diferentes variables relacionadas con la eficiencia energética y confort dentro de un centro hospitalario, para posteriormente ser almacenadas en el sistema de adquisición remoto.

La participación del ITI se ha centrado en los procesos de captación, transmisión y procesado de la información relacionada con la inteligencia ambiental. Para ello durante el proyecto se ha encargado de la caracterización de los sistemas de gestión de la información en los hospitales como punto de partida a la investigación en soluciones TIC aplicables a este tipo de entornos.

Para evaluar los posibles ahorros energéticos conseguidos por la herramienta, se ha realizado una simulación en la que se ha modelado el comportamiento energético habitual de un hospital, y se ha comparado con el funcionamiento de este mismo hospital con la implantación del entorno inteligente.

El resultado de la investigación ha derivado en el diseño de un entorno inteligente para la gestión eficiente tanto de la energía como de los sistemas relacionados con el confort de los usuarios de un centro hospitalario. Mediante el análisis de estas variables, el sistema es capaz de generar una serie de alarmas que alerten del posible disconfort del usuario por condiciones ambientales desfavorables, o que detecten consumos energéticos innecesarios.

En caso de que se produzca una de estas situaciones el sistema genera una serie de alertas que pueden ser gestionadas. El uso del sistema implicará una reducción de los consumos energéticos, garantizando en todo momento el confort de los usuarios.

Las dos herramientas desarrolladas, integradas en una misma aplicación informática, ofrecen soluciones encaminadas a mejorar la eficiencia y la calidad de los entornos hospitalarios.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/17

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Fabricación aditiva de nuevas aleaciones de altas prestaciones para el sector sanitario (BIOMETAL)

Introducción

2012 supone el último año de ejecución del proyecto Biometal. Durante sus 3 años de duración se ha logrado poner a punto el proceso de fabricación de nuevas aleaciones metálicas de altas prestaciones para el sector sanitario y que pueden ser procesadas mediante tecnologías de fabricación aditiva. La puesta a punto de estas técnicas supone un importante hito ya que permite hacer frente a la posición de exclusividad existente en el suministro de materiales por parte de las empresas fabricantes de las tecnologías aditivas. Visto el interés de las empresas valencianas, AIMME y el Instituto de Biomecánica (IBV) apostaron por el desarrollo autónomo de nuevos materiales de interés para el sector salud para ponerlos a disposición de las empresas fabricantes de productos sanitarios.

A lo largo del proyecto se ha llevado a cabo el proceso completo de caracterización tanto de la materia prima como del material procesado, asimismo se han desarrollado y validado demostradores reales del sector sanitario para cada uno de los materiales y tecnologías.

Resultados

En el marco del proyecto Biometal se ha trabajado en la caracterización y puesta a punto de materiales metálicos procesables mediante las tecnologías de fabricación aditiva Electron Beam Melting (EBM) y Selective Laser Melting (SLM). Los materiales procesados mediante dichas tecnologías han sido:

- *Materiales procesables mediante SLM*: Aceros Inoxidables 316L, 316LVM y 17-4PH. Aleación CrCo dental.
- *Materiales procesables mediante EBM:* Aleaciones de titanio Ti6AL4V, Ti6AL4V ELI y Ti6Al17Nb. Aleación CrCoMo.

Para cada uno de estos materiales se llevó a cabo el desarrollo y validación de un demostrador representativo de las aplicaciones de este tipo de materiales en el campo de los implantes ortopédicos y productos sanitarios en general.

Cabe asimismo destacar el estudio *in vivo* llevado a cabo durante el proyecto que permitirá, una vez analizados los resultados, comparar el efecto que tiene tanto el material como el tipo de estructura porosa en la capacidad de osteointegración de los implantes. Para llevar a cabo dicho estudio se fabricaron en primer lugar probetas cilíndricas porosas de 5mm. de diámetro en dos materiales distintos Ti6Al4Nb y Ti6AL4V ELI y con dos estructuras porosas distintas; posteriormente se llevó a cabo la implantación en cóndilo femoral de conejo de las mismas. Tras la retirada de las probetas se realizaron cortes histológicos que

permiten comparar, en 2 periodos de evolución, el crecimiento óseo en los distintos materiales y estructuras porosas.

Durante el proceso de diseño de los distintos demostradores se tuvieron en cuenta las limitaciones de las tecnologías actuales y las ventajas proporcionadas por las tecnologías de fabricación aditiva de forma que el demostrador incrementara en la medida de lo posible el valor añadido de los productos actuales. El proceso de diseño de concepto y de detalle se llevó a cabo mediante el software de diseño CAD SolidWorks por parte del IBV, mientras que la fabricación de los mismos mediante tecnologías aditivas se realizó en las instalaciones de AIMME.

De entre los distintos demostradores desarrollados en el proyecto Biometal, cabe destacar por su especial relevancia los siguientes:

Cúpula acetabular

Uno de los demostradores seleccionados para fabricar mediante la tecnología EBM y el material Ti6Al4Nb fue la cúpula acetabular no cementada para prótesis total de cadera. La cúpula se diseñó de forma que toda su región exterior incorpora una estructura porosa que favoreciera la fijación de la prótesis gracias al crecimiento óseo en el interior de esta región. El proceso de diseño se dividió en este caso en dos etapas, en la primera se diseñaron los distintas regiones macizas de la pieza, mientras que en la segunda se implementaron las regiones porosas mediante el empleo del *software* Netfabb.

Figura 1: Cúpula acetabular con estructura porosa fabricada mediante tecnología EBM en aleación de titanio Ti6Al4Nb.

Puente dental

Para el diseño del puente dental se partió de un escaneado 3D de una dentadura real. El puente estaba compuesto de 3 piezas, quedando las dos piezas de los extremos fijadas a sendos muñones. La pieza fue fabricada mediante la tecnología SLM en aleación de Cobalto-Cromo dental.

Con el fin de validar que el demostrador desarrollado cumplía los requerimientos necesarios en este tipo de productos se llevaron a cabo 2 tipos de ensayos. En primer lugar, ensayos mecánicos con el objeto de asegurar un buen comportamiento mecánico ante cargas fisiológicas de mordedura y, en segundo lugar, se realizó el recubrimiento estético de la pieza por parte de un protésico dental con el fin comprobar la adherencia de las porcelanas a la aleación metálica.

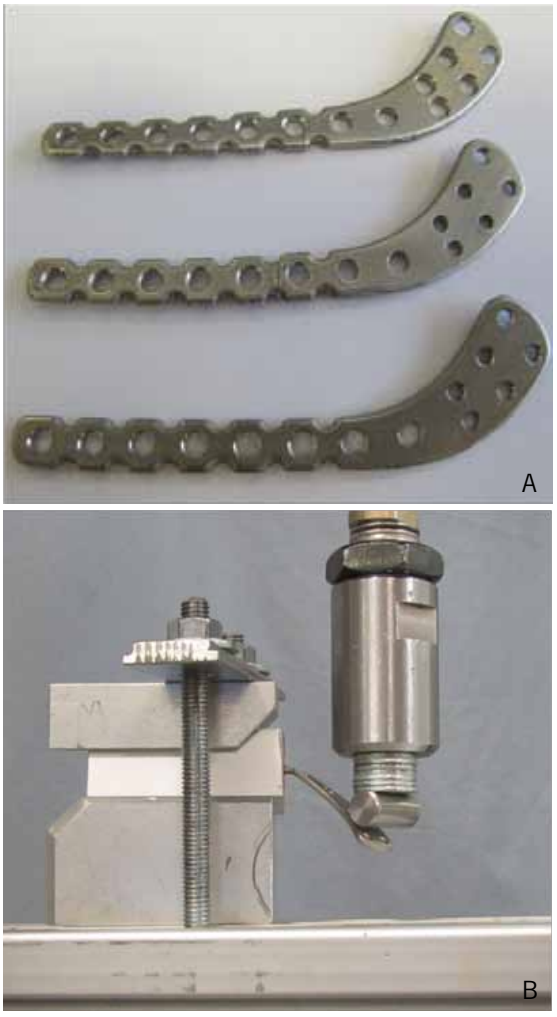
Figura 2: Puente dental fabricado en aleación Co-Cr dental. A) Pieza fabricada sin recubrir. B) Pieza tras recubrimiento estético. C) Evaluación mecánica del puente dental.

Placa de osteosíntesis clavicular

La placa de osteosíntesis clavicular es un implante temporal que se emplea en la reparación de fracturas de la clavícula. Este demostrador fue seleccionado por sus formas complejas necesarias para un buen apoyo del implante sobre el hueso y su bajo volumen que lo hacían especialmente indicado para ser fabricada con tecnologías aditivas. En este caso la tecnología empleada para su fabricación fue la SLM y el material empleado el acero inoxidable 316LVM.

En este caso la validación del demostrador se llevó a cabo mediante ensayos de flexión de uno de los extremos del implante que se encontraba en voladizo, replicando de esta forma las fuerzas experimentadas por la clavícula con la articulación esternoclavicular relativamente fija y el peso del miembro superior suspendido del lateral de la clavícula.

Figura 3: Placas de osteosíntesis para reparación de fracturas claviculares fabricadas en acero inoxidable 316LVM. A) Piezas tras fabricación. B) Evaluación mecánica mediante ensayo de flexión.



Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/18

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Desarrollo de producto personalizado con el mínimo material necesario y fabricación por tecnologías aditivas (MINIMAT)

Introducción

El proyecto MINIMAT tiene como principal objetivo desarrollar nuevos productos optimizados, fabricados con el mínimo material necesario, sin comprometer las propiedades y características mecánicas de los mismos. La estrategia principal para conseguir esta reducción de material es la introducción de estructuras optimizadas topográficamente que satisfagan las solicitaciones mecánicas de la pieza o zona en la cual se ha introducido dicha estructura (zonas rígidas, zonas flexibles, etc.). Para implementar esta reducción en el uso de materiales es necesario trabajar en el **desarrollo de nuevas metodologías de diseño, de nuevos materiales y de nuevas técnicas de fabricación de piezas y/o productos**. En estos tres aspectos fundamentales del proyecto han trabajado los Institutos Tecnológicos AIMME, AIJU y el Instituto de Biomecánica (IBV) durante los dos primeros años de proyecto (2011 y 2012), centrándose en el establecimiento de nuevas metodologías de diseño de estructuras 3D basadas en el uso de modelos de elementos finitos (MEF) y en su optimización y adaptación a metodologías de fabricación rápida.

Teniendo en cuenta este enfoque el proyecto contempla la consecución de los siguientes objetivos parciales:

- Desarrollo de nuevo material para tecnologías de fabricación aditiva con nuevas funcionalidades, por ejemplo: mejoras en prestaciones mecánicas mejoradas, conductividad, etc.
- Validación de nueva metodología de diseño mediante optimización por calculo MEF de estructuras 3D y producto con el mínimo material y personalizado al usuario.
- Evaluar y validar el comportamiento de ciertas estructuras 3D complejas para distintos estados de carga y predecir el comportamiento estructural y cinemático del modelo diseñado.
- Fabricación de producto con geometría de alto valor añadido, con mínimo material personalizada al usuario mediante tecnologías por adición de material (TFA).
- Validación mediante ensayos de producto de la nueva metodología de diseño y fabricación por TFA en materiales plásticos y metálicos. Predecir el cumplimiento de cualquier normativa de seguridad.
- Diseño de implantes destinados al sector sanitario de la Cirugía Ortopédica y Traumatológica de geometría compleja.
- Diseño de productos deportivos personalizados.

La participación del IBV en este proyecto se centra, por un lado, en la definición de los demostradores correspondientes a las aplicaciones destinadas a la mejora de producto sanitario y deportivo,

y por otro en la validación de las estructuras optimizadas y de los productos fabricados a partir de las mismas.

El presente artículo se centrará en presentar las tareas en las que ha participado el IBV y los resultados obtenidos en el marco de la segunda anualidad del proyecto MINIMAT.

Resultados

El trabajo realizado por el IBV en la segunda anualidad de proyecto se ha centrado en la finalización de la definición de los demostradores de producto sanitario que se plantearon en el marco del proyecto. En concreto se trata de dos demostradores, un vástago de prótesis de cadera personalizado y un cotilo de revisión de prótesis de cadera.

El objetivo era preparar un diseño inicial de los demostradores, los cuales serían optimizados mediante el software basado en optimización mediante cálculos MEF (WITHIN), desde la perspectiva de reducción de material manteniendo las características mecánicas mínimas necesarias para garantizar su funcionalidad.

Vástago personalizado de cadera

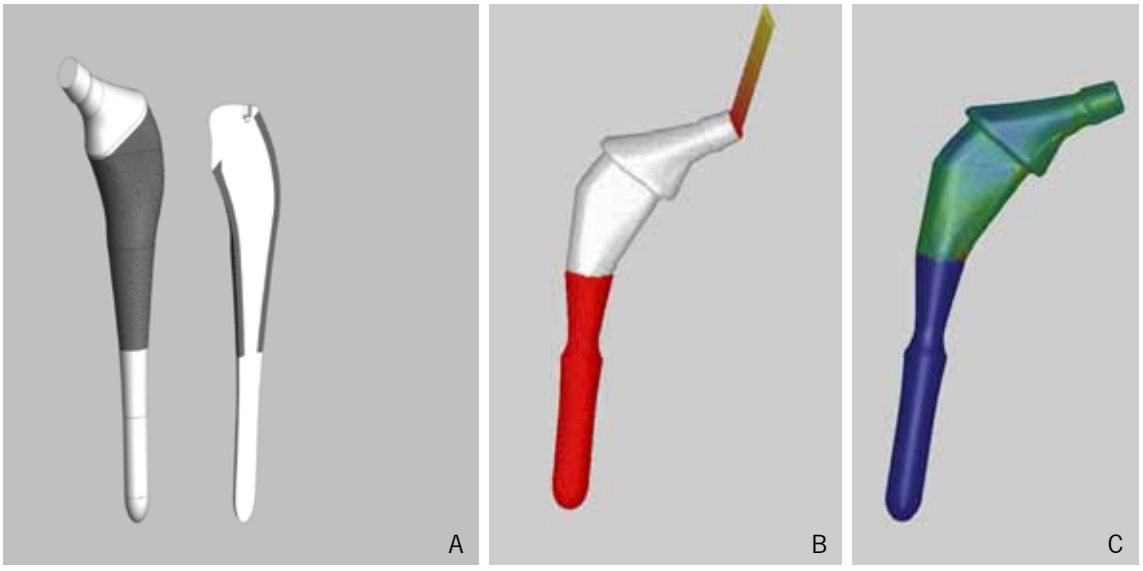
Uno de los demostradores sobre los que se ha trabajado en el proyecto ha sido el vástago de cadera personalizado diseñado por el IBV. Este vástago destaca por presentar dos zonas diferenciadas. Por un lado la estructura principal del vástago, responsable de aportar la estabilidad mecánica al mismo, y por otro la zona de estabilización primaria del vástago, basada en una estructura porosa 3D destinada a incrementar la capacidad de osteointegración del implante (Figura 1A).

El objetivo en esta tarea era optimizar la estructura principal del vástago. Esta optimización se basó en el ensayo mecánico descrito en la norma ISO/FDIS 7206-4 “Determination of endurance propeties and performance of stemmed femoral components”, en el cual el vástago es sometido a ensayo mecánico de compresión y de fatiga a compresión.

El proceso de optimización se basó en un proceso iterativo por el cual el software específico utilizado (Within) lleva a cabo ciclos de optimización topográfica-simulación mediante MEF basado en los criterios mecánicos establecidos (Figura 1B y figura 1C).

El resultado obtenido tras el proceso de optimización fue un vástago con topografía optimizada al ensayo mecánico definido. La optimización se centró en la

Figura 1: Resumen del proceso de optimización del vástago personalizado de cadera.



eliminación de todo el material interno del vástago y en el refuerzo de las zonas sometidas a mayor tensión, que son la zona del cuello y el tercio medio del mismo (Figura 2)

Figura 2: Vástago de cadera tras el proceso de optimización con el *software* Within.

Cotilo de revisión

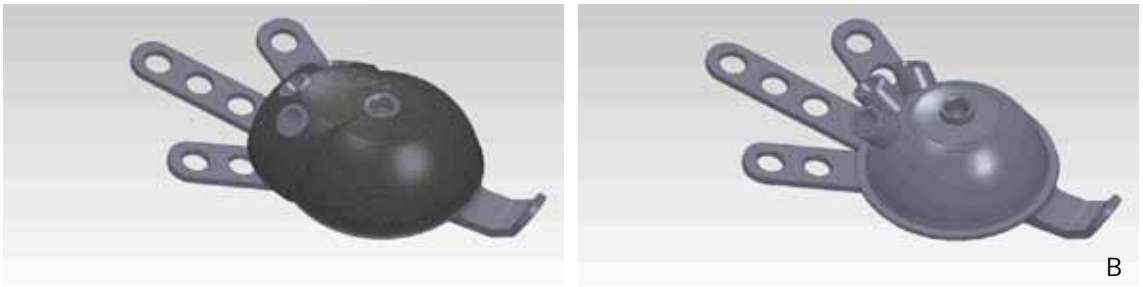
El segundo demostrador desarrollado correspondiente al grupo de producto sanitario fue el cotilo de revisión. Inicialmente se desarrolló un cotilo de revisión de tipo roscado pero, para prevenir posibles problemas en la fabricación de los filetes de la parte roscada del cotilo, se decidió pasar a un cotilo de revisión con sistema de placas y recubrimiento de osteointegración mejorada (Figura 3).

El nuevo cotilo personalizado, fue diseñado para poder modificar tanto el sistema de placas de fijación (número, ángulo y posición) como la geometría y colocación de los aumentos en función de las necesidades de los pacientes.

Durante el tercer año de proyecto se llevará a cabo la optimización de los demostradores pendientes y su posterior validación mediante ensayos mecánicos de demostradores optimizados fabricado mediante tecnologías de fabricación rápida.

Figura 3: A) Diseño del cotilo roscado seleccionado inicialmente, pero descartado por posibles problemas en la fabricación. B) Diseño final de cotilo de revisión con sistema de placas y recubrimiento de osteointegración.

A



B

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/20

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Videojuegos para mejorar la calidad de vida de los mayores (SENIORPLAY)

Introducción

Aunque los videojuegos tradicionalmente han ido destinados a jóvenes y niños, numerosos estudios realizados en los últimos años han demostrado los beneficios potenciales de los videojuegos para los mayores, tanto en el ámbito de la prevención como en el de la terapia física o cognitiva. La popularización de las videoconsolas y el envejecimiento de las primeras generaciones que disfrutaron de estos productos hacen indicar que las personas mayores serán potenciales usuarios de este tipo de ocio.

Los beneficios que tienen los videojuegos para las personas mayores son amplios. Jugar con videojuegos mejora las habilidades motrices, de reflejos y de respuestas rápidas, así como la percepción visual, coordinación óculo-motora, y la percepción espacial. Además de la mejora de las capacidades cognitivas de las personas mayores y el fortalecimiento y mejora de sus actividades de la vida diaria, el empleo de videojuegos también se está utilizando para el tratamiento y rehabilitación de enfermos y para la prevención de caídas.

El proyecto SENIORPLAY, iniciado en 2011 y con una duración de dos años, surge para satisfacer estas demandas. Su objetivo es establecer la base para el desarrollo de videojuegos de alto valor terapéutico y preventivo que cumplan, además, con los requisitos de usabilidad específicos de las personas mayores. Los resultados de esta investigación permitirán proporcionar a la industria información y recursos que favorezcan el desarrollo de videojuegos innovadores para este colectivo, favoreciendo la creación de nuevos productos de ocio de calidad, que, además de garantizar su valor de juego, mejoren las habilidades cognitivas, funcionales y sociales de los mayores.

El resultado del proyecto se plasma en una guía de recomendaciones para las empresas desarrolladoras de videojuegos.

En el proyecto participan tres centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana: el Instituto Tecnológico del Juguete (AIJU), el Instituto de Biomecánica (IBV) y el Instituto Tecnológico de Informática (ITI).

Resultados

A lo largo del proyecto SENIORPLAY se han obtenido los siguientes resultados en cada una de las fases:

Fase 1. Estado del arte y análisis de la situación de partida

En esta fase se ha realizado un estudio exhaustivo de las investigaciones más relevantes relacionadas con el ocio tecnológico y la intervención en

personas mayores a través de los videojuegos, así como de la aplicación de videojuegos para mejorar la calidad de vida de las personas mayores. Esta revisión, nos ha permitido conocer las potencialidades de los videojuegos y ver los efectos que tienen sobre las personas mayores.

También se ha realizado en esta fase un estudio de mercado sobre los productos relacionados con videojuegos, consolas, mandos de control, dispositivos y tecnologías asociadas que pueden encontrarse actualmente, valorando sus características, ventajas e inconvenientes.

Por último, con la información recogida en esta fase y tras un análisis por parte de los expertos, se ha elaborado un listado de productos sobre la base de unos criterios de selección (posibilidad como herramienta de intervención, dinámica de juego, temáticas, etc.) con el objetivo de que sean evaluados y valorados en las fases posteriores con personas mayores y expertos.

Fase 2. Detección de requisitos y necesidades

El objetivo de esta fase ha sido conocer las líneas prioritarias de actuación para mejorar la calidad de vida de las personas mayores, así como recopilar y analizar las valoraciones de expertos en envejecimiento acerca de la aplicabilidad de videojuegos en la intervención con mayores.

Para la consecución de estos objetivos planteados se ha realizado un estudio con expertos en envejecimiento (médicos de residencias, fisioterapeutas, psicólogos, trabajadores sociales y técnicos animadores socioculturales). El estudio se desarrolló con un enfoque metodológico basado en el diseño orientado para las personas, en el que profesionales del ámbito de las personas mayores participaron en el desarrollo de varias técnicas (pensamiento manifestado, registro de observaciones, repertory Grid (RGT), grupos de discusión) a lo largo de dos jornadas (Valencia y Alicante) con varias sesiones de evaluación.

Los **objetivos específicos** planteados en estas sesiones fueron:

1. Identificar las áreas prioritarias de intervención con este tipo de productos.
2. Identificar las temáticas de mayor interés.
3. Identificar los tipos de juegos más adecuados para las personas mayores.
4. Detallar los requisitos de accesibilidad y usabilidad a tener en cuenta para su diseño y desarrollo.
5. Identificar los interfaces y sistemas de monitorización más eficaces en el contexto terapéutico y preventivo.
6. Valorar la adecuación de los productos existentes en el mercado.

Siguiendo esta línea, las jornadas con expertos se dividieron en cuatro partes:

- Presentación del proyecto, objetivos de la jornada y participantes.
- *Session-play* (Figura 1). En esta parte los participantes, por parejas, probaron diferentes videojuegos y consolas, identificando un listado inicial de problemas de uso, requisitos y propuestas de mejora a incorporar para su utilización por parte de las personas mayores. A continuación, evaluaron las consolas y los videojuegos (Figuras 2a y 2b).

Figura 1: Sesiones de evaluación durante las jornadas.

Figura 2a: Resultados. Cumplimiento de criterios según plataforma empleada (1-5).

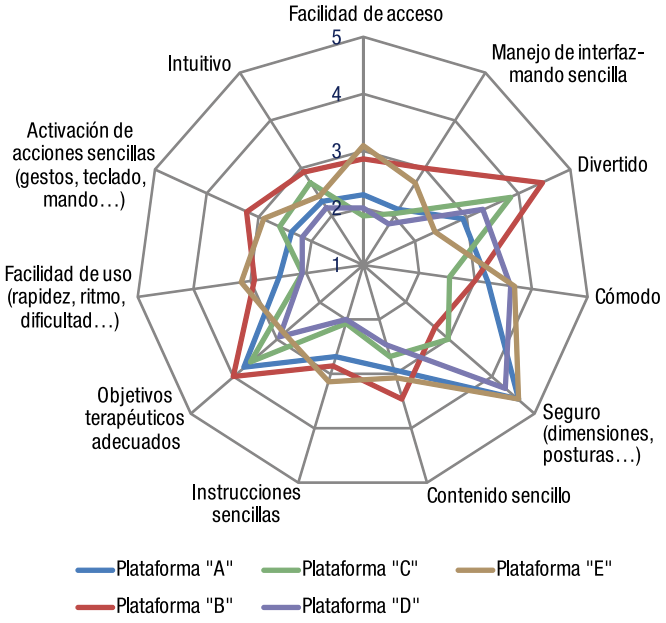
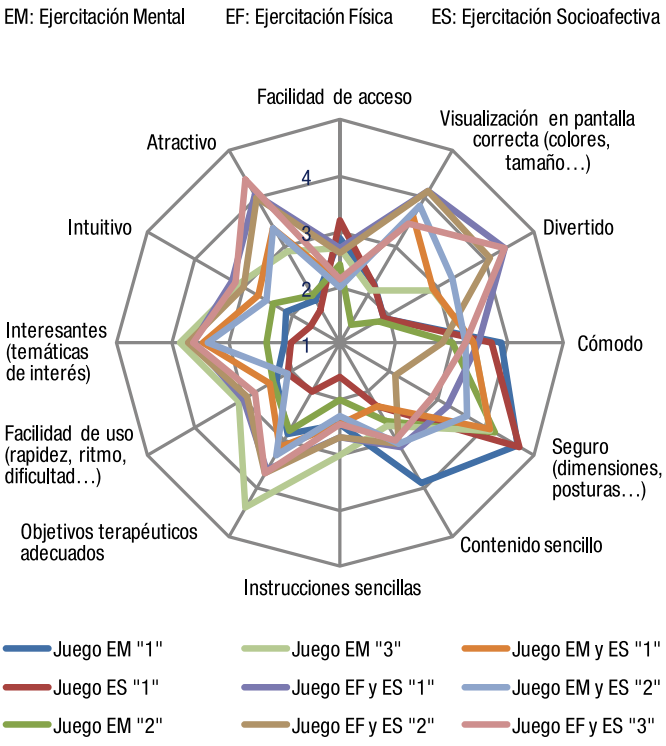


Figura 2b: Resultados. Cumplimiento de criterios según juego empleado (1-5).



- Debate. Se formaron tres mesas de debate, según perfiles profesionales, donde se realizó un panel de expertos con las siguientes temáticas de fondo:
  - **Áreas de intervención a través del videojuego.**
  - **Temáticas y tipos de videojuegos de interés para las personas mayores.**
  - **Requisitos de usabilidad, interfaces y monitorización.**
- Conclusiones. Finalmente, un portavoz por cada mesa de debate presentó al grupo sus conclusiones de cada una de las temáticas tratadas. A partir de estas presentaciones se abrió una ronda de aportaciones donde se pusieron en común las diferentes visiones y se priorizaron aquellos aspectos más relevantes.

Este estudio ha permitido identificar necesidades, demandas y expectativas respecto a las diferentes áreas de intervención con videojuegos, así como las temáticas de interés y los requisitos a considerar en el desarrollo de videojuegos para personas mayores.

Fase 3: análisis ergonómico y usabilidad

En esta fase se han definido las técnicas para valorar de manera objetiva la respuesta emocional y el comportamiento del usuario mientras interactúa con "videojuegos" y los protocolos para el estudio de usabilidad mediante el uso de técnicas biomédicas.

A la hora de definir el protocolo para la realización de pruebas de usabilidad para la valoración de videojuegos con usuarios, se han tenido en cuenta tres fuentes de información:

1. Información subjetiva del usuario tras el uso de la interfaz. Se ha diseñado un cuestionario en el que se pregunta por aspectos generales como la percepción de la dificultad de uso, la experiencia de juego y aspectos más concretos como las modificaciones que haría en la interfaz consola/videojuego.
2. Información subjetiva del experimentador obtenida por observación del usuario. Se han definido unas fichas para ayudar a la recogida de las observaciones de carácter general haciendo referencia a

las dudas o a las decisiones erróneas en el uso de la interfaz consola/videojuego.

3. Información objetiva obtenida durante el uso de la interfaz. Se ha empleado el análisis de señales fisiológicas (GSR, EMG, HRV) junto a parámetros habituales como la medición del tiempo necesario para la realización de una serie de tareas, el número de errores cometidos para ejecutar la tarea o el número de pasos realizados para ejecutar la tarea.

Fase 4: evaluación con usuarios

Durante esta fase se ha realizado, en el laboratorio de experiencias del IBV, una serie de experimentos con 20 participantes, en 3 sesiones de aproximadamente 1 hora y media de duración donde se han evaluado dos consolas (Wii y Kinect) y cuatro juegos de ejercitación mental y física (Figura 3). Se ha contado con un grupo de control de 10 personas entre 50 y 65 años, y otro grupo de 10 personas entre 65 y 70 años repartidos equitativamente entre hombres y mujeres, sin experiencia previa en la utilización de videojuegos, y sin patologías físicas, cardiovasculares ni neurológicas conocidas.

Al inicio del ensayo se recogía información sobre el perfil de los usuarios y experiencia en el uso nuevas tecnologías. A continuación, se procedía a la instrumentación del usuario para el registro de medidas continuas de diferentes variables fisiológicas (Figura 4) y se utilizaba el protocolo definido en la fase anterior, recopilando información a través del cuestionario y de las observaciones del técnico.

Figura 3: Evaluación con usuarios durante los ensayos.

Figura 4: Instrumentación de la GSR y registro de variables fisiológicas durante los ensayos (GSR, EMG, EKG).

Como resultado se ha obtenido información acerca del aprendizaje, la usabilidad, dificultad, satisfacción y adecuación de los juegos y consolas ensayadas a personas mayores.

Fase 5. Guía de actuación para las empresas

A partir de los resultados obtenidos durante las diferentes fases del proyecto se ha elaborado una guía de recomendaciones para las empresas desarrolladoras de videojuegos. Esta guía recopila aspectos clave como áreas prioritarias de intervención con este tipo de productos, interfaces y sistemas de monitorización más eficaces en el contexto terapéutico y preventivo, temáticas de mayor interés, tipos de juegos más adecuados para los mayores o requisitos de accesibilidad a tener en cuenta para su diseño y desarrollo. Su finalidad última es determinar los aspectos clave para la generación de videojuegos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas mayores. De esta forma, también se podrán desarrollar videojuegos concebidos sobre todo como una herramienta de apoyo para los profesionales de la atención a los mayores.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/16

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Asistencia personal en tiempo real para la mejora de la eficiencia y la calidad de vida (SMARTASSIST)

Introducción

El entorno socio-económico actual está marcado por el **envejecimiento de la población,** por tanto, las innovaciones actuales deberán considerar este envejecimiento y ser usables por todas las personas, independientemente de su edad o situación.

Además, se está produciendo una **concentración en los entornos urbanos**. Actualmente en la Unión Europea, sobre el 60% de la población vive en zonas urbanas de más de 50.000 habitantes. Por ello, entornos como hospitales, centros educativos, hoteles, centros comerciales, etc. deben adaptarse a este cambio y ser más eficientes.

Por otro parte, el **cambio climático y el agotamiento de los recursos**, unidos a la **crisis económica**, hacen que la **búsqueda de la eficiencia sea necesaria para la sostenibilidad** de los mismos, objetivo del presente proyecto, que además se alinea con la tendencia actual a nivel mundial del *Smart Everything* o **Internet de las Cosas**.

Bajo este contexto, el proyecto SMARTASSIST pretende combinar conocimientos y tecnologías sobre eficiencia en el uso de recursos, tecnologías de la información y las comunicaciones y calidad de vida de las personas, aplicadas al mantenimiento, gestión y explotación eficiente de edificios e infraestructuras existentes.

En el proyecto SMARTASSIST participan el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), el Instituto Tecnológico de Informática (ITI) y el Instituto de Biomecánica (IBV), con la finalidad de investigar en **metodologías y soluciones tecnológicas que proporcionen información en tiempo real a los usuarios de entornos, de tal forma que eso influya en su conducta en el uso de dicho entorno para una eficiencia integral en las infraestructuras existentes.**

De esta forma se combinarán conocimientos y tecnologías sobre la eficiencia en el uso de los recursos, tecnologías de la información y las comunicaciones y calidad de vida de las personas y se aplicarán al mantenimiento, gestión y explotación eficiente de edificios e infraestructuras existentes.

Para ello se generará conocimiento en relación a la adquisición de datos de campo de diversa naturaleza, la transferencia y tratamiento de los mismos para que el sistema experto, basado en modelos de referencia de conducta y consumo de recursos, gracias a algoritmos eficientes de procesado de datos y ayuda a la toma de decisiones, proporcione al usuario feedback que pueda influir en su conducta y así, mejorar su eficiencia respecto a varios indicadores que se definirán en el proyecto en relación al confort, energía, movilidad, tiempo, seguridad, provisión, etc..

El proyecto trianual se encuentra en su primer año. El primer ámbito de aplicación del proyecto es la mejora del uso de la infraestructura de grandes superficies comerciales, con el fin de mejorar la experiencia de la compra para el usuario final y de optimizar la gestión y eficiencia de la instalación.

Resultados

El objetivo de la primera anualidad es la obtención de un modelo y un conjunto de herramientas que permitirán asesorar a las personas en relación a un incremento de la eficiencia en espacios existentes y una reducción de los costes de consumos energéticos. Para ello se han definido los indicadores de eficiencia y además se ha llevado a cabo un estudio con clientes reales que permitirá la obtención del modelo de conducta que servirá para definir las claves del *feedback* más conveniente a proporcionar a los consumidores con el fin de mejorar su experiencia de compra, a los trabajadores un mejor confort en su puesto de trabajo y al punto de venta de herramientas de mejora de la gestión de su negocio.

Indicadores de eficiencia: En la figura 1, se muestran los indicadores de eficiencia considerados en el marco del proyecto para determinar la eficiencia de un entorno comercial. Es importante remarcar que en algunos casos el objetivo será maximizar un indicador y en otros casos, minimizarlos en función de cómo influya a la eficiencia global. Por ejemplo: en el caso de la satisfacción y confort del usuario, el objetivo es maximizar dicho indicador.

Conducta del consumidor en contexto real: El objetivo de esta tarea es obtener información cualitativa y cuantitativa de los clientes del punto venta seleccionado para realizar el estudio. Este entorno se ha seleccionado gracias a la colaboración de COVACO (Confederación de Comerciantes y Autónomos de la Comunidad Valenciana).

A partir del tratamiento y análisis de la información obtenida en dicho estudio, el IBV ha definido los modelos conductuales necesarios para la mejora

Figura 1: Indicadores de eficiencia considerados en el proyecto SMARTASSIST.

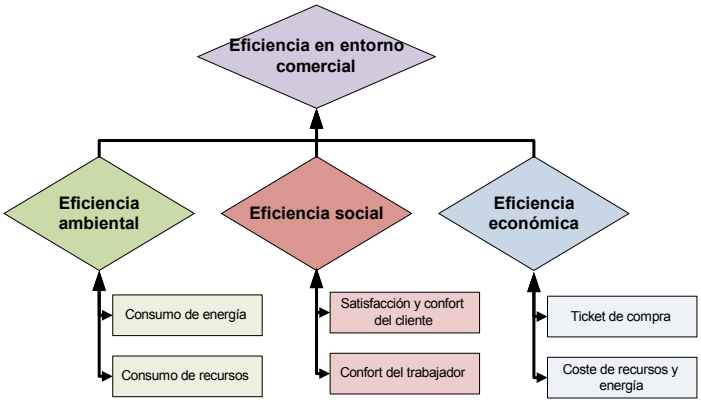


Figura 2: Ejemplos de punto de venta.

de la eficiencia definiendo los escenarios o etapas en los que existe un mayor potencial de mejora en cuanto a la eficiencia y el protocolo con el fin de proporcionar una experiencia de compra más satisfactoria, placentera y eficiente al cliente mediante la aplicación SmartAssist.

Con estos resultados en el primer año, el proyecto pretende alcanzar el resultado final esperado tras la tercera anualidad en 2014 siendo la obtención de un **modelo y un conjunto de herramientas que sirvan para asesorar, de forma interactiva y usable, a las personas en cuanto a eficiencia integral en un entorno existente**.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/117

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Mejora de la calidad de vida de la población activa a través de la INTEGRación de la ALImentación y la ACtividad Física (INTEGRALIAC)

Introducción

El enfoque de la salud durante generaciones ha sido paliativo, centrándose en tomar medidas ante la aparición de síntomas de enfermedades o ante el proceso natural de envejecimiento. Con la mejora de las condiciones sociales y sanitarias se ha producido un aumento de la esperanza de vida y una creciente toma de conciencia sobre la importancia de conservar un nivel de salud adecuado a lo largo de la vida. De hecho, el propio concepto de salud ha quedado integrado dentro de un concepto global como es la calidad de vida que, según la propia Organización Mundial de la Salud (OMS), va más allá de la dimensión física de la salud considerando su relación con los elementos esenciales de su entorno. Sin embargo, la calidad de vida en los países desarrollados afronta retos motivados por un estilo de vida sedentario y una nutrición desequilibrada; en resumen hábitos de vida poco saludables que, entre otras cosas, han convertido a la obesidad en una pandemia global en el primer mundo según la OMS.

Es sabido que una alimentación adecuada y la práctica de actividad física acorde a las características de cada individuo contribuyen a mejorar nuestra calidad de vida. Sin embargo, hasta un escenario acotado como éste (la mejora de la calidad de vida mediante actuaciones sobre la actividad física y la alimentación atendiendo a nuestras necesidades) requiere de la suma de una creciente cantidad de recursos, para lo cual disponemos de una increíblemente amplia y variada oferta, tanto de productos y servicios como de información, por lo que no es de extrañar que cada vez valoremos más la existencia de soluciones integrales. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo la integración de productos y servicios concretos relacionados con la actividad física y la alimentación que contribuyan a la mejora de la calidad de vida de un sector de la población muy concreto: las personas en activo o en un rango de edad comprendido entre los 18 y 65 años. Este grupo de población se puede dividir en dos entornos claramente diferenciados: el laboral y el personal, por lo que la mejora de su calidad de vida pasará por acometer acciones que tengan en cuenta ambos entornos.

Figura 1: Integración de actividad física y alimentación en el plano personal y laboral.

El proyecto se ha iniciado en 2012 y tiene una duración de 2 años.

Durante la ejecución del proyecto se está trabajando tanto en la integración de recursos relacionados con actuaciones de promoción de la actividad física en el entorno laboral (denominada ergonomía activa) y en el entorno personal, como de recursos relacionados con una alimentación equilibrada

y apropiada para cada individuo teniendo en cuenta el gasto energético que conllevan sus actividades diarias.

El desarrollo de este proyecto permitirá impulsar un nuevo sector de servicios avanzado en la Comunitat Valenciana basado en el *concierning* (integración de recursos para ofrecer una solución completa a las necesidades de las personas) para la calidad de vida, con el fin último de que las empresas de productos y servicios aprovechen la oportunidad que supone la creciente demanda de soluciones integrales relacionadas con la mejora de la calidad de vida para incrementar su valor añadido, su competitividad y su sostenibilidad.

Resultados

El resultado general del proyecto es el desarrollo e implementación de un sistema capaz de realizar recomendaciones de productos y servicios relacionados con la alimentación y la actividad física teniendo en cuenta las necesidades individuales de cada persona, derivadas tanto de las características intrínsecas al individuo (edad, índice de masa corporal, etc.) como de las propias de su entorno laboral (tipo y condiciones del puesto de trabajo, dedicación, etc.) y personal (condicionantes familiares, práctica de actividad física, etc.).

La consecución de ese resultado global pasa por alcanzar los siguientes objetivos parciales:

- Generar herramientas y procedimientos para determinar las características específicas de las personas, de su entorno laboral y de su entorno personal, identificando así las necesidades individuales.
- Desarrollar un modelo de conocimiento integrado que potencie la mejora de la calidad de vida de las personas desde la perspectiva de la incorporación de recomendaciones de actividad física y alimentación.
- Integrar las cadenas de valor de bienes y servicios relacionados con la actividad física y la alimentación que permita a las empresas industriales y de servicios de la Comunitat Valenciana desarrollar ofertas integrales para la mejora de la calidad de vida de las personas.

El proyecto constituye una innovación tecnológica en lo que respecta a aprovechar la creciente demanda de soluciones integrales para la mejora de la calidad de vida, planteando para ello un modelo de negocio basado en la integración de la cadena de valor que permita desarrollar una oferta integral de productos y servicios relacionados con la alimentación y a la actividad física.

Figura 2: Interfaz del sistema.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDECA/2012/119

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Desarrollo de metodologías y herramientas morfométricas para la explotación de bases de datos tridimensionales del cuerpo humano orientadas al diseño y evaluación funcional del ajuste en indumentaria (MORFODATA)

Introducción

La correcta adaptación de la indumentaria a los movimientos, forma y dimensiones del cuerpo humano es uno de los aspectos que más influencia tiene en el confort final del usuario. No obstante, los errores en la generación de patrones y tallas de las prendas suponen una causa frecuente de problemas en el ajuste. Esto implica un trastorno tanto para los consumidores como para las empresas fabricantes.

Cada vez en mayor medida, administraciones y grupos empresariales vienen impulsando la realización de estudios antropométricos con tecnología 3D a fin de generar bases de datos representativas de la forma y dimensiones de la población. Muchas de estas bases de datos se obtienen mediante escáneres de proyección láser que proporcionan nubes de cientos de miles de puntos que opcionalmente pueden conectarse formando una malla 3D. Sin embargo, estos datos morfológicos no pueden emplearse directamente, es necesario homogeneizar las bases de datos controlando la variabilidad asociada al proceso de adquisición, a fin de que los individuos sean comparables y puedan ser analizados para extraer aquellos estadísticamente representativos de la población.

Por otra parte, la integración de datos antropométricos en el proceso de diseño de ropa sigue basándose en reglas obtenidas por patronistas especializados que han ido adaptándolas progresivamente mediante prueba-error para ajustarse a los distintos mercados. No existen criterios de diseño que tengan en cuenta las características morfológicas del usuario o población objetivo y los requerimientos de uso de la indumentaria.

Por tanto, el proyecto MORFODATA tiene como objetivo principal **desarrollar metodologías y herramientas morfométricas para la explotación de bases de datos antropométricas 3D a fin de generar criterios de diseño y evaluación de indumentaria que relacionen las características morfológicas de la población con las características de la prenda y con su interacción con el usuario.**

El proyecto se inició en 2010 y ha tenido una duración de tres años.

Resultados

En primer lugar se ha definido un **modelo morfométrico homólogo del cuerpo** para su aplicación al diseño de indumentaria. Este modelo se basa en una serie de **puntos anatómicos y secciones características claves** para el diseño de indumentaria. Se han definido 36 puntos anatómicos característicos, 7 contornos y 25 dimensiones que en conjunto describen las características anatómicas corporales esenciales para el diseño de indumentaria.

A fin de obtener un modelo lo más realista posible y de asegurar su total aplicabilidad en la industria, la definición de estas variables ha tenido en consideración:

- Las convenciones estéticas y de moda
- Los actuales procedimientos de desarrollo de patrones para indumentaria
- Las variaciones en los morfotipos con los distintos grupos de población (evolución de la forma del cuerpo con la edad, grupos específicos como deportistas o mujeres embarazadas, etc.).

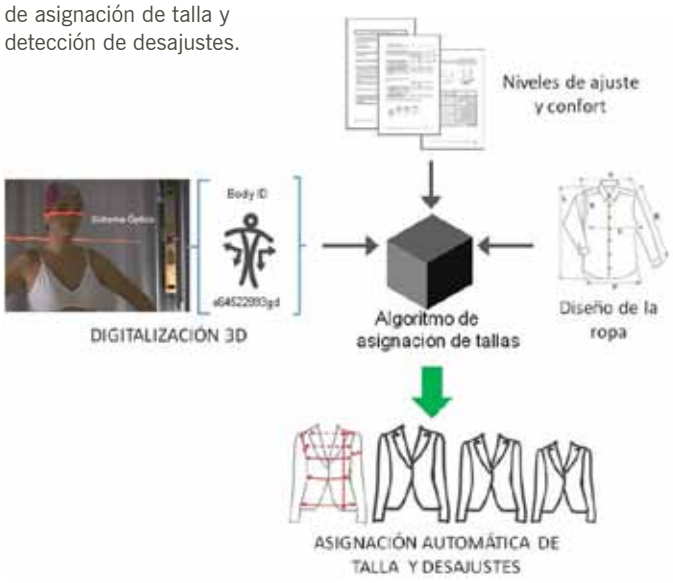
Además, se han desarrollado herramientas que permiten el **cálculo automático del modelo homólogo** a partir de los datos del escaneado 3D (Figura 1). Los algoritmos desarrollados para la obtención automática del modelo homólogo del cuerpo permiten la utilización de cualquier base de datos antropométrica, con lo que se asegura el poder emplear bases de datos disponibles a nivel internacional procedentes de distintas fuentes flexibilizando el procedimiento de análisis y posibilitando su aplicación inmediata en los procesos de diseño de producto. Durante el desarrollo del proyecto, se ha puesto a punto el tratamiento estadístico de los modelos homólogos mediante técnicas de PCA (Principal Component Analysis), lo que permite reducir el número de variables a manejar para poder definir **morfotipos representativos de la población**, que muestran la distribución y variabilidad de la forma del cuerpo. Esta información puede aplicarse a la generación de maniquíes virtuales muy valiosos para el diseño y patronaje de las prendas, puesto que se maximiza la representatividad de la población minimizando las variables a manejar.

Figura 1: Modelo homólogo del torso.

Por otra parte, se han definido las **relaciones entre la caracterización dimensional de las prendas y las dimensiones de los usuarios**, relacionando medidas del patrón con medidas corporales. Estas relaciones han facilitado la generación de un **procedimiento de evaluación del ajuste de indumentaria** a partir de la aplicación de técnicas objetivas de análisis de movimientos y encuestas de percepción que han permitido definir posturas, amplitudes de movimiento, rangos de movilidad y regiones críticas para el ajuste.

Una vez obtenidos estos resultados, se realizó una experimentación con usuarias para recabar datos para la generación de **criterios de asignación de talla aplicables a la venta *on line* y criterios para la predicción de desajustes** basados en la forma y dimensiones de la población objetivo, en las características de las prendas y en los niveles de ajuste y confort percibidos (Figura 2). Un total de

Figura 2: Procedimiento de asignación de talla y detección de desajustes.



47 usuarias de entre 25 y 35 años participaron en el estudio, centrado en tres tipos de prendas: chaqueta, falda y pantalón. Tras la validación, se comprobó que empleando el asignador desarrollado se mejoraba considerablemente el porcentaje de acierto en la selección de la talla durante la compra *on line* (entre el 86% y el 93%, dependiendo del tipo de prenda), además de obtener las probabilidades de desajuste en distintas zonas del cuerpo.

La adaptación del asignador desarrollado a los distintos tipos de prendas y poblaciones supondría una reducción notable de los errores de asignación de talla actualmente existentes tanto en la creciente venta *on line* como en los procesos de asignación de indumentaria laboral o de uniformidad de diferentes colectivos. La compra o asignación sería menos incierta, puesto que no solo se sugiere una talla, sino que además se informa de las implicaciones en cuanto a problemas de desajuste de cada alternativa, de manera que el usuario podría tener control sobre la decisión según sus preferencias.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/35

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Desarrollo de modelos biomecánicos con segmentos deformables. Aplicaciones al modelado del miembro inferior (MODEF)

Introducción

Los modelos biomecánicos de cuerpo completo son la base de numerosas aplicaciones en el campo de la Medicina, el diseño ergonómico de productos o el estudio del gesto deportivo. Sin embargo, a pesar de su interés, la mayoría de los modelos existentes asumen una serie de simplificaciones que limitan su validez y capacidad predictiva. Así, los modelos suelen considerar el cuerpo humano como un conjunto de segmentos rígidos unidos por articulaciones formadas por pares inferiores, con unas propiedades dimensionales y mecánicas correspondientes a sujetos promedio.

La realidad es más compleja ya que las articulaciones humanas no pueden representarse mediante rótulas o pares de revolución, los segmentos corporales están formados por partes rígidas y partes deformables y la diversidad de características antropométricas es tan notable que los modelos deben personalizarse para poder obtener una representación aproximada.

El Instituto de Biomecánica (IBV) viene trabajando en la mejora de los modelos biomecánicos aportando soluciones a estos problemas fundamentales de la Biomecánica. Así, se está trabajando en la definición de modelos articulares más realistas, en el desarrollo de estudios antropométricos que permitan definir patrones morfológicos o en la modelación de los segmentos corporales considerando la deformación asociada a los músculos y la piel, es decir, el movimiento de los tejidos blandos (MTB).

En particular el MTB tiene importantes consecuencias sobre los estudios de cinemática articular y sus aplicaciones clínicas, ya que puede introducir errores muy importantes en las estimaciones. Por este motivo se planteó el proyecto MODEF (Desarrollo de modelos biomecánicos con segmentos deformables. Aplicaciones al modelado del miembro inferior), cuyo objetivo es la incorporación de los músculos, piel y otros elementos deformables como parte de los modelos articulares de cuerpo completo.

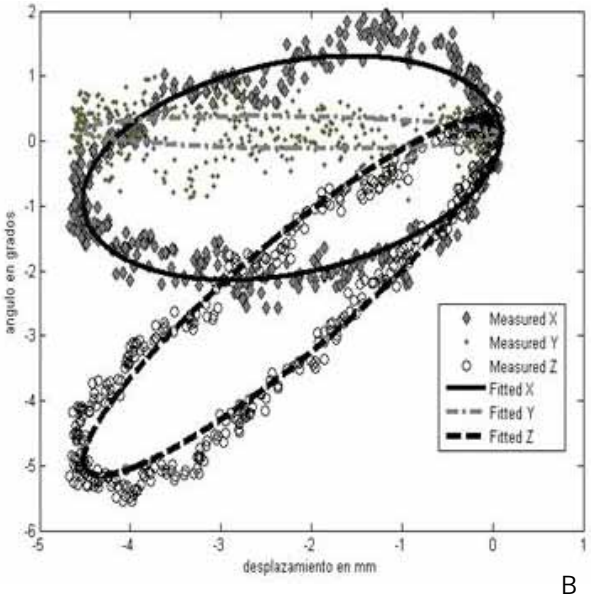
Este proyecto se inició en 2010 y ha tenido una duración de tres años.

Métodos

El punto de partida del proyecto es incorporar el MTB como parte de los modelos biomecánicos, lo que implica su caracterización desde el punto de vista cinemático y dinámico. Para la caracterización cinemática del MTB se han desarrollado técnicas instrumentales que permiten cuantificar el movimiento relativo de los segmentos deformables respecto del hueso subyacente (Figura 1). Por otra parte, se han definido modelos de representación del MTB, analizando cómo se trasmiten los errores a las

Figura 1. A) Sistema para la validación del modelo cinemático de MTB. B) Relación funcional entre los ángulos girados por la pantorrilla y el desplazamiento de la tibia.

A



B

variables cinemáticas de interés. En una tercera fase, se ha realizado un estudio con sujetos para definir patrones de MTB asociados a diferentes tipos de movimientos, tanto gestos lentos como impulsivos.

Con respecto a la caracterización dinámica, el objetivo es analizar el efecto de los MTB en las variables dinámicas. Para ello se ha desarrollado un modelo de miembro inferior que incorpora una personalización de los parámetros inerciales. Un punto crítico en los estudios biomecánicos es la validación de los modelos. En esta línea se ha desarrollado un novedoso sistema de validación basado en el control del movimiento mediante un robot paralelo.

Resultados

Durante el desarrollo del proyecto se ha puesto a punto un nuevo sistema de análisis de movimientos con digitalización automática y en tiempo real, lo que ha permitido describir con precisión el movimiento y deformación de los segmentos corporales. Por otra parte, se ha desarrollado un modelo cinemático que describe el MTB separando las deformaciones del movimiento en bloque. Este es un nuevo enfoque en la descripción del MTB, lo que ha permitido conocer las reglas de transmisión de errores sobre las variables que describen la cinemática articular. Finalmente, ofrece la información necesaria para ser incorporada en los análisis cinemáticos y dinámicos, paso necesario para la mejora de los actuales modelos dinámicos.

Este modelo ha sido validado mediante un novedoso sistema experimental que permite aplicar diferentes tipos de movimientos a un segmento y establecer el campo de desplazamientos de las masas musculares (Figura 1a). A partir de este sistema se han analizado las relaciones entre el movimiento del hueso y el MTB asociado, constatando el carácter sistemático de dicha relación, lo que permitirá el desarrollo de modelos que consideren al MTB como parte del modelo.

Los datos experimentales obtenidos han servido de base para evaluar los actuales sistemas de control de errores asociados al MTB, constatando su escasa efectividad. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de mejorar los modelos biomecánicos en la línea planteada en nuestro proyecto, donde el MTB debe ser incorporado al modelo y no considerado como un error que puede ser eliminado.

Para ello es preciso disponer de patrones de MTB asociados a diferentes gestos. En este sentido, se han obtenido relaciones funcionales entre el movimiento articular y el MTB que provoca. Este tipo de

relaciones debe ser descrito en términos funcionales (figura 1b), para lo que se han puesto a punto técnicas de análisis de datos funcionales (FDA) que permiten caracterizar este tipo de datos.

En cuanto a los aspectos dinámicos, hemos desarrollado un modelo paramétrico de miembro inferior que puede ser personalizado, incorporando no solo dimensiones antropométricas específicas, sino también masas y momentos de inercia de segmentos. Por otra parte, se ha incorporado un modelo articular que considera el movimiento real de las articulaciones. De esta manera se ha podido evaluar el efecto dinámico del MTB.

Para la validación de los modelos dinámicos se ha diseñado y construido un dispositivo experimental que permite la medición precisa del movimiento y de los esfuerzos en el miembro inferior. El sistema se basa en la generación de movimientos controlados mediante un robot paralelo 3SRP que puede ser programado para simular cualquier movimiento y carga aplicada en el pie. El sistema funciona con un sujeto sentado en una silla instrumentada y el pie apoyado en el robot, que controla el movimiento y las fuerzas. El sistema se sincroniza con el equipo de análisis de movimientos, lo que permite una precisa caracterización de movimientos y fuerzas. En la figura 2 se muestra el sistema durante la fase de calibración mediante un prototipo de miembro inferior. Además de su utilidad en el proyecto, el sistema robotizado podrá ser usado en el futuro para el desarrollo de una nueva generación de sistemas de valoración funcional y de rehabilitación.

Los resultados obtenidos en el proyecto contribuirán a mejorar la cartera de servicios y productos que el IBV dirige a las empresas: mejoras en los equipos de análisis de movimientos mediante videofotogrametría, en los equipos de medición de fuerzas, en los sistemas de análisis de la cinemática articular y en los servicios de valoración de productos mediante ensayos funcionales con personas.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/80

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Figura 2: Sistema de validación de modelos dinámicos mediante robot paralelo.

Desarrollo de una metodología para la evaluación virtual del ajuste de cascos y guantes de protección (AJUSTE)

Introducción

En el presente proyecto se ha desarrollado un sistema de ayuda a la generación de prototipos funcionales virtuales de cascos y guantes de protección, que permitirá reducir el tiempo y coste necesarios para el lanzamiento de nuevos productos al mercado. Para ello, se han desarrollado modelos morfológicos y biomecánicos de la cabeza y mano que permiten la valoración funcional de los diseños 3D de guantes y cascos mediante un software de simulación. Este *software* permite al diseñador predecir las prestaciones funcionales de ajuste y confort de estos productos.

Esta acción ha surgido como continuación de las actividades del IBV en diseño y técnicas de evaluación de prototipos virtuales funcionales de calzado, cuyos avances han permitido la simulación de la interacción casco-cabeza y mano-guante.

Así, con este proyecto se han ampliado conocimientos en los ámbitos de la biomecánica, la evaluación de prototipos, realidad virtual y simulación en el estudio de la interacción humano-producto, particularmente en los casos cabeza-casco y mano-guantes. Este proyecto supone asimismo un salto cualitativo en el diseño de cascos y guantes, puesto que hasta el momento no existían criterios morfológicos y biomecánicos de diseño de los mismos.

Este proyecto se inició en 2010 y ha tenido una duración de tres años.

Resultados

La metodología para la evaluación virtual del ajuste de cascos y guantes de protección ha consistido en los siguientes desarrollos:

Modelo morfológico y biomecánico de la mano

Se definió un modelo morfológico de la mano con las características morfológicas mínimas que tienen relevancia en la interacción mano-guante, es decir, las características funcionales mínimas de la mano (puntos anatómicos, secciones de la mano, ejes funcionales, regiones, contornos y parámetros) en relación al diseño anatómico de guantes.

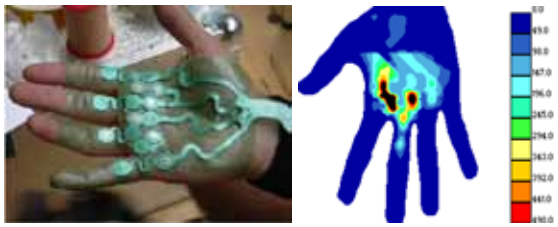
Se utilizó un sistema de adquisición de la forma de la mano en 3D y se generó una aplicación en MATLAB para calcular de forma automática la información (puntos anatómicos y secciones y curvas 3D) definida en el modelo morfológico.

Mediante fotogrametría se estudiaron dos movimientos aplicados en el uso de guantes de protección para motociclistas: el de agarre y el de uso del freno. Para ello, se colocaron marcadores en los puntos anatómicos seleccionados para el análisis (Figura 1).

Figura 1: Ejemplo de colocación de marcadores en la mano para el análisis del movimiento de agarre.

Asimismo, se registraron las presiones en la interfaz mano-guante (Figura 2).

Figura 2: Prueba de medida de presiones en la mano.

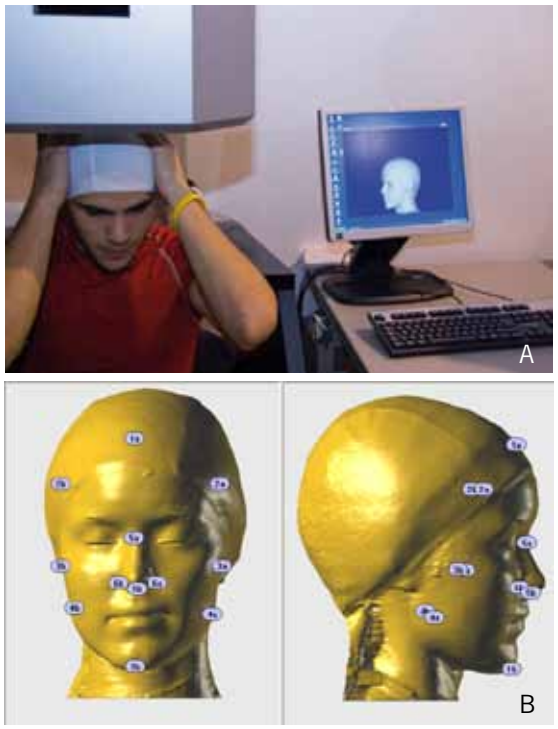


Modelo morfológico y biomecánico de la cabeza

Se realizó un modelo morfológico de la cabeza en relación al diseño anatómico de cascos.

Se puso a punto un sistema de ingeniería inversa para adquirir la forma de la cabeza en 3D y se generó una aplicación para calcular la información (puntos anatómicos y secciones) definida en el modelo morfológico (Figura 3).

Figura 3: A) Sistema de escaneado 3D.
B) Marcadores situados en una cabeza escaneada.



De manera análoga que en el estudio de la mano, se registraron las presiones de interacción entre la cabeza y el casco, aunque a diferencia del modelo de la mano, estas eran de carácter estático.

De este modo, se definieron modelos morfológicos y biomecánicos de la cabeza y la mano a partir de la integración y alineación de sus registros de forma, presiones y movimientos (en el caso de la mano).

Caracterización mecánica y morfológica de los cascos y guantes para protección

En el caso de los cascos, se realizaron ensayos mecánicos a tracción y a compresión mediante una máquina de ensayos universal INSTRON. En el caso de los guantes, se realizaron ensayos de elasticidad con guantes fabricados con materiales diferentes y destinados a diferentes aplicaciones para clasificarlos en función de su grado de flexibilidad. Estos ensayos sirven para predecir la interacción con el usuario según el material utilizado en cascos y guantes.

Además, se definió la morfología mínima para la evaluación funcional del ajuste de cascos y guantes, reduciendo las superficies sobre las que trabajar para optimizar el ajuste (Figura 4 y figura 5).

Figura 4: Medidas principales de la cabeza relacionadas con el diseño de los cascos.

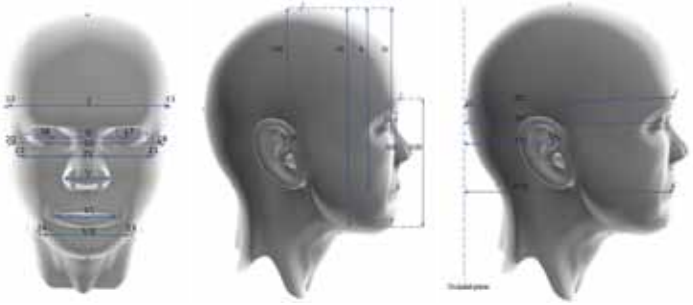
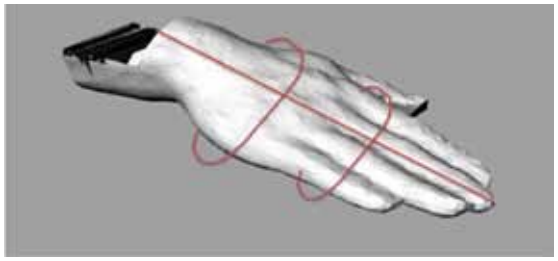


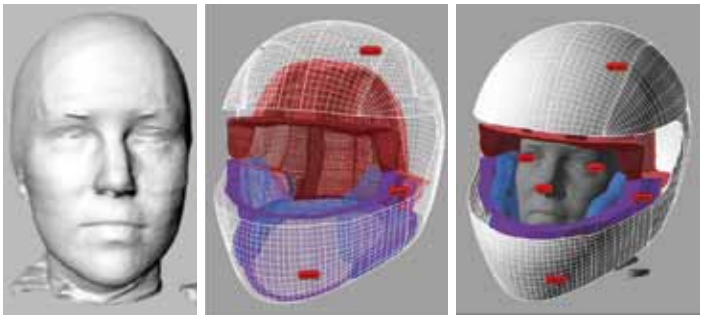
Figura 5: Medidas principales de la mano relacionadas con el diseño de guantes.



Sistema de alineación entre los modelos del cuerpo y los elementos de protección

Se desarrolló un sistema de alineación entre los modelos del cuerpo y los elementos de protección, mediante puntos anatómicos marcados en los respectivos ficheros 3D a modo de referencia, para el análisis de la interacción entre la morfología de ambos (Figura 6). Se implementaron algoritmos para conseguir un óptimo ajuste inicial mano-guante y cabeza-casco y se incluyeron herramientas de manipulación geométrica para el establecimiento de condiciones de contorno de los objetos presentes en el entorno virtual de simulación, sus propiedades físicas y las texturas de los materiales que los forman.

Figura 6: Ficheros 3D de cabeza y casco y alineación entre ambos para obtener el óptimo ajuste.



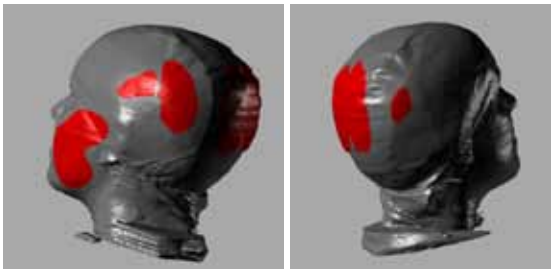
Además, se incorporaron herramientas para la correcta visualización de mapas de presiones sobre la cabeza y la mano virtual para evaluar el ajuste virtual (Figura 7).

Figura 7: imagen virtual que muestra los mapas de presión en la cabeza debidos al ajuste del casco.

Simulador virtual de ensayos de ajuste

Se desarrolló un sistema virtual de ensayos de ajuste, un programa de interacción entre el modelo del cuerpo y el elemento de protección capaz de detectar colisiones casco-cabeza y guante-mano y la deformación de los mismos (Figura 8). Este simulador virtual permite asimismo generar un histórico de presiones durante el periodo de simulación, útil para estimar las prestaciones funcionales y de confort.

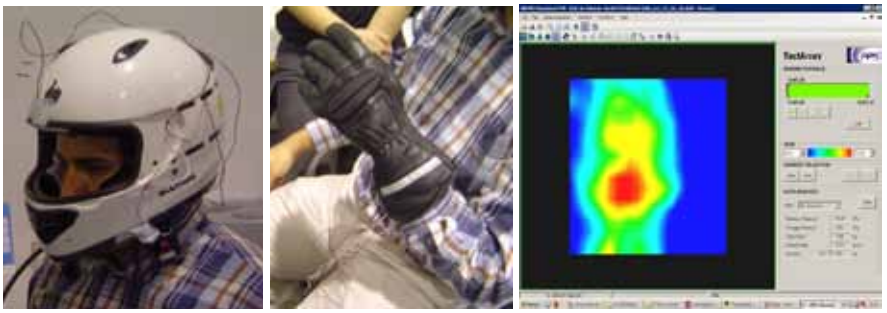
Figura 8: Zonas de interacción entre la cabeza y el casco.



Criterios de evaluación del ajuste de guantes y cascos

Se realizaron ensayos biomecánicos con usuarios con diferentes tipologías y modelos de cascos y guantes, eligiendo la talla que mejor les ajustaba y se midieron las presiones en las superficies de interacción entre ambos (Figura 9). Los usuarios contestaron un cuestionario en el que se les pedía que analizaran el producto desde el punto de vista del confort, el ajuste y la usabilidad de manera global y por zonas, cuyo análisis ha servido para obtener los mapas de valoración de los productos.

Figura 9: imágenes de un usuario probando un guante y un casco durante las pruebas de medida de presiones y de confort (izquierda). Resultado de una de las medidas de presión (derecha).



A partir del tratamiento estadístico de la relación entre los mapas de presiones y de valoraciones del confort, se generaron mapas estadísticos del grado de confort por zonas de la cabeza y de la mano que implementados al sistema de análisis virtual del ajuste permite evaluar, desde el punto de vista del confort del usuario, los mapas de presiones resultantes de la simulación.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/43

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Análisis de la respuesta emocional y el comportamiento para la evaluación de la usabilidad web (USABWEB)

Introducción

La accesibilidad digital es un paso necesario de cara a la eliminación de las barreras que impiden a determinados colectivos de personas, como las personas mayores y las personas con discapacidad, beneficiarse de la sociedad de la información. No obstante, el estricto cumplimiento de la normativa y recomendaciones de accesibilidad no asegura que la información estructurada de esta forma sea usable, en el sentido que tanto usuarios noveles como expertos puedan acceder a esta información de manera intuitiva y sin necesidad de un asesor o un experto que les oriente o les comunique lo que deben hacer.

La mejora de la usabilidad y la accesibilidad de las aplicaciones informáticas y de la información contenida en la red incrementa las posibilidades de incorporación y permanencia en la sociedad de la información de los ciudadanos en general, y en particular, de las personas con discapacidad y personas mayores. Se facilita de este modo la integración social y la calidad de vida de estos colectivos, además de evitar su exclusión digital.

Así como para la accesibilidad de la información las pautas para el desarrollo de páginas web está bien estructurado en las normas WAI, y en el caso de las aplicaciones informáticas las normas UNE 139801 y UNE 139802, para garantizar la usabilidad de las aplicaciones no existen todavía una serie de pautas bien desarrolladas.

De hecho, la mayoría de pautas de usabilidad web se limitan a recomendaciones de experto, pocas son las recomendaciones que han sido validadas por usuarios finales, utilizando en dichos casos técnicas subjetivas (p.e. cuestionarios) o métricas tradicionales (p.e. tiempos y errores).

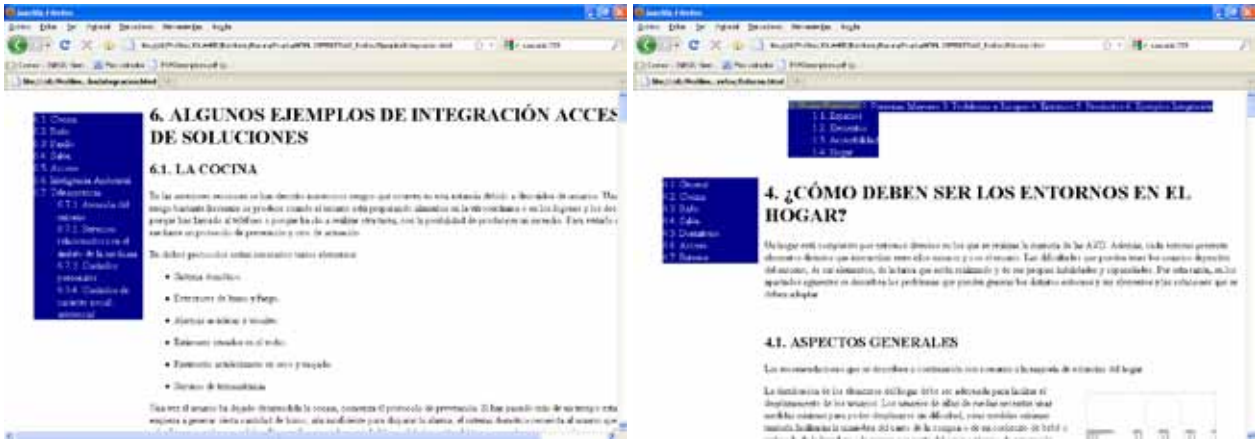
Por ello, los objetivos del proyecto USAWEB son, por un lado, desarrollar un conjunto de metodologías que permitan extraer información objetiva y en tiempo real de la interacción del usuario con la web; y por otro lado, validar las actuales recomendaciones de usabilidad web teniendo en cuenta el perfil de usuario.

Este proyecto se inició en 2010 y ha tenido una duración de tres años.

Resultados

En primer lugar, se recopilaron las principales recomendaciones de usabilidad web a partir de la normativa existente a nivel nacional, y se priorizaron en función de su presencia en las web de la Administración pública. Finalmente, se escogieron 8 recomendaciones: ir arriba, ir a inicio, mapa web, migas, texto fluido, señalar y hacer clic, imagen de fondo y tipo de menú.

Figura 1: Ejemplos de los formatos web evaluados.



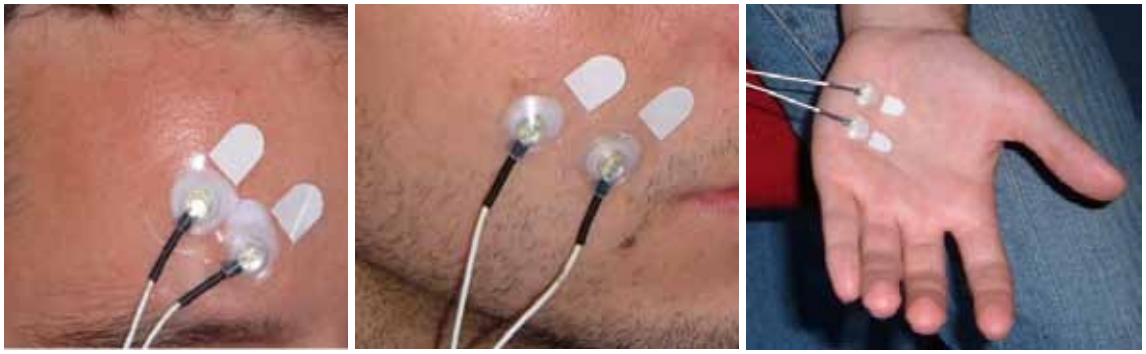
A continuación, se desarrolló una página web con 16 estilos distintos (Figura 1) que permitían incluir y/o modificar el conjunto de recomendaciones seleccionado. De este modo, se podía evaluar la influencia de cada una de las recomendaciones en la mejora de la usabilidad web.

En segundo lugar, se pusieron a punto un conjunto de metodologías para obtener la respuesta emocional y el comportamiento del usuario durante la interacción con la web, en tiempo real y sin interferir en la interacción con la web. Por un lado, la valoración de la respuesta emocional consistía en el análisis de a) la conductividad de la piel, relacionada con la intensidad emocional; b) la electromiografía sobre los músculos faciales del corrugador y el zigomático, relacionados con emociones negativas y positivas respectivamente (Figura 2). Por otro lado, el comportamiento del usuario consistía en el seguimiento de la mirada y el uso de modelos de Markov para la navegación por la web.

En tercer lugar, se realizaron ensayos con 10 sujetos con limitación motora en el miembro superior y 10 sujetos control para evaluar la influencia de los distintos parámetros web. Los usuarios realizaban las tareas en 3 días distintos y 3 veces cada día para poder evaluar el aprendizaje.

Los resultados obtenidos muestran, por un lado, que el análisis de la respuesta emocional y del comportamiento del usuario son metodologías y métricas más sensibles que la medida de tiempos o el uso de cuestionarios para evaluar la interacción de los usuarios con páginas web o aplicaciones informáticas. De hecho, parámetros extraídos del análisis de la mirada como el ratio de sacádicos-fijaciones permite

Figura 2: Colocación de sensores (de izquierda a derecha): Músculo corrugador (emociones negativas), músculo zigomático (emociones positivas) y conductividad de la piel (intensidad emocional).



detectar la influencia de todas las recomendaciones web y con una mayor significación que el tiempo. Este efecto es más notable en la comparación entre las variables fisiológicas obtenidas de la respuesta emocional y los cuestionarios, siendo estos últimos incapaces de detectar la influencia de la mayoría de recomendaciones.

Por otro lado, la evaluación de las recomendaciones de usabilidad muestra que si bien la mayoría de recomendaciones la mejoran, existen algunas otras que no. Este hecho se intensifica en función del perfil de usuario, ya que para el grupo de control la mayoría de recomendaciones no mejora la interacción con la web.

Estos resultados demuestran la necesidad de seguir evaluando las recomendaciones de expertos mediante la participación de usuarios, y de contar con la participación de distintos perfiles porque, como se ha visto, las recomendaciones que son adecuadas para un perfil de usuario pueden ser contraproducentes para otro perfil de usuario. No obstante, las metodologías empleadas para la evaluación no deben limitarse a cuestionarios o medidas de tiempos sino utilizar las metodologías desarrolladas en este proyecto para conseguir analizar en detalle la interacción del usuario con las páginas web o las aplicaciones informáticas. Además, las metodologías propuestas permiten extraer información durante la propia interacción con la web sin interferir en las tareas que realizan los usuarios.

Se ha desarrollado una aplicación informática que permite de forma sencilla y amigable obtener y tratar la información generada del análisis de la mirada y la respuesta emocional. Los retos futuros en esta línea de trabajo se centrarán en evaluar distintos perfiles de usuarios, por ejemplo personas mayores o personas con discapacidad intelectual, y en utilizar las metodologías propuestas para otros productos como interfaces móviles o *software* para ordenador.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/32

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Un nuevo servicio para incorporar la opinión de los usuarios en el diseño (CONEMO)

Introducción

El proyecto CONEMO (Consumer Evaluation Measurement for Objectified Industrial Use / Proyecto IMDEEA/2012/39) fue aprobado en la 9ª convocatoria de proyectos CORNET(Collective Research Networking - redes de investigación colectivas) y participan también FQS (German Society for Quality) y WZL (Laboratorio de Máquinas-Herramienta y de Ingeniería de Producción) de la Universidad de Aachen (Alemania).

En este proyecto colaboran 5 pymes de la Comunitat Valenciana (INCOTEC DE LEVANTE S.L.; COLCHONES DELAX, S.L.; CPD S.L. Carpats Design; LAMPISTER ILUMINACIÓN S.L.; y PIKOLINOS INTERCONTINENTAL, S.A.) y 5 pymes de Alemania (MODELL AACHEN UG, MARCELLO C, ARDEN AUTOMOBILBAU GmbH, BIKE-COMPONENTS DE OHG, BAD&FLIESENDESIGN, Devid Schmitz), constituyéndose como comité de usuarios del proyecto.

CONEMO pretende ayudar a las pymes a introducir nuevos productos en mercados muy dinámicos, donde existe una elevada presión en la fijación de los precios y las necesidades de los clientes son cambiantes. La excelencia técnica ya no es suficiente para entusiasmar a los clientes. Por esta razón, la detección precoz de las necesidades del cliente en relación con las emociones y la percepción, así como su aplicación eficaz en las características del producto son una oportunidad, y también un desafío, para que las empresas puedan diferenciarse de sus competidores. El supuesto de que los productos sean útiles, utilizables y duraderos no es suficiente para garantizar el éxito. Para garantizar el éxito hay que responder a preguntas como:

- ¿Cómo afectan los nuevos productos a los aspectos emocionales de los usuarios?
- ¿Qué diseños son buenos para garantizar el éxito de los productos de futuro?

La respuesta a estas preguntas radica en la ampliación de la definición de la calidad del producto incluyendo la capacidad de satisfacer necesidades emocionales del cliente, teniendo en cuenta su estilo de vida y sus valores. La percepción subjetiva que los clientes tienen de la calidad de un producto es básica para tomar la decisión de comprarlo. Por ello, las empresas tienen que generar productos que el cliente valore positivamente desde las primeras fases del proceso del diseño.

Sin embargo, existe una carencia de metodologías que permitan abordar este problema de forma científica y sistemática.

Actualmente, el método más habitual para evaluar la percepción del cliente es utilizar diferentes tipos de cuestionarios en los que el cliente refleja sus opiniones. Este método es una auto-evaluación que

solo mide la parte consciente. La auto-evaluación es subjetiva y se limita a un subconjunto de los sentimientos conscientes a los que pueden acceder a los procesos cognitivos de la representación y auto-control. Además la auto-evaluación subjetiva no proporciona información instantánea mientras se explora o se utiliza el producto, se trata de una evaluación que el cliente realiza *a posteriori*.

Sin embargo, se sabe que los procesos psicológicos inconscientes pueden ocurrir independientemente de los sentimientos conscientes. Los procesos inconscientes tienen reacciones observables a nivel fisiológico que pueden medirse con la tecnología adecuada. Se ha demostrado que diferentes diseños de productos pueden influir en la respuesta psicofisiológica del usuario, respuesta que puede medirse a partir de registros de la conductividad de la piel, la electromiografía facial, la frecuencia cardíaca, etc. Las ventajas de estas medidas fisiológicas son:

- Las mediciones se pueden realizar continuamente con alta resolución temporal.
- Son objetivas.
- Las mediciones proporcionan indicadores de los estados mentales, incluyendo la emoción.
- Proporcionan información de estados emocionales inconscientes.
- Pueden relacionarse con los parámetros de diseño de productos o servicios.

Resultados

Como resultado del proyecto se ha definido una metodología para tomar decisiones durante la fase de diseño, de forma que a lo largo del proceso de diseño se pueda determinar el diseño más adecuado sin necesidad de fabricar prototipos. Se utilizan imágenes y diseños virtuales, y de esta forma se reducen los costes del proceso.

La novedad de esta metodología se basa en la utilización de señales fisiológicas en lugar de cuestionarios para evaluar la percepción del producto. Uno de los resultados del proyecto ha sido la demostración que estas señales pueden encontrar diferencias estadísticamente significativas donde los cuestionarios solo muestran tendencias.

El proceso que finalmente se ha definido consta de los siguientes pasos:

1. Realización de una entrevista estructurada para definir la estrategia de la empresa y del producto a diseñar.
2. A partir de la entrevista se realiza un cuestionario a clientes o usuarios de los productos para conocer la opinión de los usuarios sobre el servicio o producto que se pretende ofrecer. De esta forma se estable un catálogo de requerimientos de diseño preliminar para conseguir un diseño emocional adecuado.
3. Identificar las claves de satisfacción del usuario o cliente. Para ello, se aplica la técnica Semántica Diferencial perteneciente a la Ingeniería Kansei.
4. Definir la matriz de estructura estrategia. Esta matriz relaciona entre funciones o partes de un producto y su estrategia emocional. Para ello se siguen los siguientes pasos:
   a. Análisis de la estructura. Se describen las partes del producto y se agrupan.

Figura 1: A) Sujeto valorando la imagen de un producto. B) Detalle de sensor de electromiografía para detectar actividad del músculo zigomático.

b. Análisis funcional: Se describen las funciones del producto y se establecen relaciones con las partes del producto.

c. Se relacionan las diferentes partes con los conceptos semánticos mediante un ensayo de seguimiento de la mirada. En este ensayo un grupo de clientes exploran una imagen del producto. La forma en la que se explora la imagen se relaciona con los conceptos semánticos obtenidos en el paso 3.

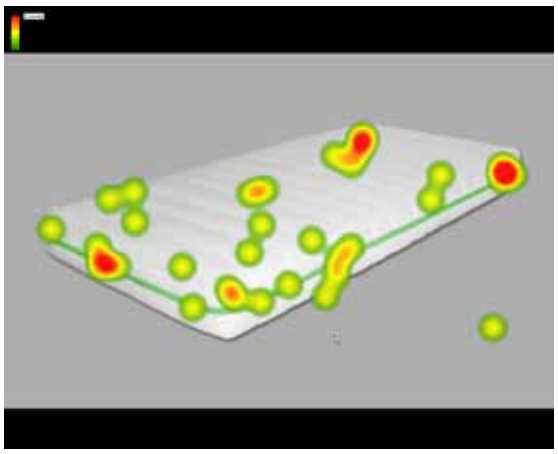
5. Se definen las partes del producto más importantes teniendo en cuenta la estrategia de la empresa y los conceptos semánticos más importantes relacionados con dicha estrategia.

6. Se establecen alternativas de diseño para las diferentes partes o componentes del producto. Las alternativas o factores de diseño se representan mediante imágenes o diseños virtuales. El número de imágenes se estable mediante un diseño de experimentos en función del número de factores y sus diferentes niveles.

7. Se realiza un ensayo en el que usuarios o clientes de los productos exploran las imágenes indicándoles el concepto semántico que están evaluando. Durante el ensayo se miden la activación de músculos faciales mediante electromiografía y la conductividad de la piel. De esta forma se establece el nivel de intensidad de la emoción y su valencia. La valencia determina si la emoción es positiva o negativa.

Los pasos anteriormente descritos permiten evaluar las diferentes alternativas de diseño con medidas objetivas y tomar decisiones antes de llegar a la fase de prototipado y fabricación.

Figura 2: Ejemplo de mapa de exploración visual de un producto.



Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/39

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Aplicación del análisis de datos funcionales a la caracterización de la función articular del cuello (FDART)

Introducción

Muchas lesiones del cuello presentan síntomas que no están asociados a daños o alteraciones detectables de las vértebras ni de los tejidos blandos. De ahí la importancia de las pruebas de valoración funcional, que analizan el movimiento del cuello para determinar en qué medida el patrón de movimiento se aparta del considerado como normal.

A pesar de su indudable interés, las actuales pruebas de valoración funcional presentan dos limitaciones importantes. La primera es que la fiabilidad de los resultados depende del grado de colaboración del paciente. Además, los resultados de las pruebas no ofrecen información sobre el origen de la lesión, de manera que no hay una relación directa entre los resultados de las pruebas funcionales y los de las exploraciones que estudian los daños en las estructuras corporales.

El presente proyecto tiene como objetivo plantear un nuevo enfoque de las pruebas funcionales del cuello, que permitan establecer un nexo de unión entre las técnicas de valoración funcional y las características de la función articular alteradas por una lesión.

El proyecto se inició en 2011 y ha tenido una duración de dos años.

Métodos

El desarrollo del proyecto se basa en el concepto de par de rodadura asociado al movimiento de una articulación compleja. Cualquier movimiento con un grado de libertad funcional, como suelen ser los asociados a los movimientos simples usados en las exploraciones clínicas, puede ser representado como un par superior, constituido por dos superficies regladas (axoides) asociadas a los ejes instantáneos de rotación. Estas superficies constituyen una “imagen cinemática” de la articulación ya que, al rodar una sobre la otra, reproducen el mismo movimiento que la articulación representada.

A diferencia de otras variables usadas en las pruebas funcionales, la geometría de la imagen cinemática está directamente relacionada con el movimiento de las vértebras, permitiendo detectar la secuencia del movimiento así como otros aspectos geométricos relacionados con el patrón cinemático. De esta manera se consigue el doble objetivo de relacionar la estructura con la función y de obtener resultados objetivos y repetibles que no dependen de la colaboración de los pacientes en el desarrollo de las pruebas.

Para aplicar este nuevo concepto se han tenido que resolver dos problemas. En primer lugar, se ha desarrollado una técnica experimental de análisis de movimientos muy precisa, capaz de obtener las imágenes cinemáticas de los sujetos (Figura 1). A partir de esta técnica se ha

Figura 1: Esquema del sistema de medición de las imágenes cinemáticas. El sujeto se sienta en una silla con la espalda firmemente sujeta al respaldo. Sobre la cabeza se colocan unos marcadores para registrar el movimiento del cuello, que se mide mediante un equipo de videofotogrametría. Se han analizado los movimientos de flexo-extensión. flexión lateral y torsión.

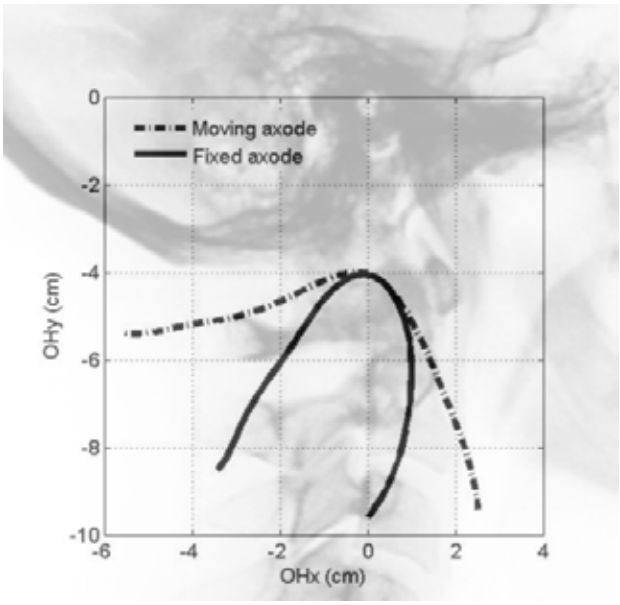
configurando una base de datos suficientemente representativa de la población objeto de estudio.

Por otra parte, se han desarrollado nuevas técnicas de análisis estadísticas, capaces de procesar la información sobre movimientos articulares y las imágenes cinemáticas asociadas para traducirla en criterios de evaluación. Los actuales sistemas de valoración funcional utilizan variables numéricas que se analizan mediante técnicas estadísticas clásicas. Sin embargo, el modelo propuesto basado en imágenes cinemáticas trabaja con funciones del tiempo o formas geométricas, es decir con Datos Funcionales. Este tipo de información no puede ser analizada mediante las técnicas estadísticas tradicionales. En este proyecto se han desarrollado nuevas técnicas de Análisis de Datos Funcionales (ADF) para obtener patrones articulares y establecer criterios de clasificación de pacientes a partir de sus características individuales.

Resultados

En la figura 2 se muestra la imagen cinemática (o par de rodadura) asociado al movimiento de flexo-extensión del cuello de un sujeto. Como puede verse en la figura, consiste en dos superficies (en la figura se representa el corte con el plano sagital). La superior está ligada a la cabeza mientras que la inferior es la ligada al tronco. Cuando la superficie superior rueda sobre la inferior se genera un movimiento idéntico al de la cabeza del sujeto. De esta manera, tenemos una representación geométrica del movimiento, lo que nos permite analizar algunas cuestiones relevantes sobre la cinemática articular. Así, la ubicación y curvatura del punto más alto, que corresponde a la posición neutra, indica que la máxima movilidad se alcanza en las vértebras superiores, alrededor de esta posición de equilibrio. Por otra parte, la altura del recorrido sirve para analizar la secuencialidad del movimiento. En un movimiento normal, las vértebras no se mueven todas a la vez, sino que se van activando de arriba abajo, de manera que los ejes se desplazan a lo largo del raquis cervical. Un comportamiento anómalo alterará no solo el rango de movimiento, sino también la ubicación y longitud del par de rodadura.

Figura 2: Imagen cinemática del movimiento de flexo-extensión. Se representa el corte de los axoides móvil y fijo con el plano sagital.



Este modelo se ha aplicado al estudio de una muestra de 100 sujetos (30 sanos, 30 patológicos, con síndrome de latigazo cervical, y 30 simuladores).

En paralelo se han desarrollado técnicas de ADF para obtener la siguiente información:

- Algoritmos de análisis de fiabilidad y repetibilidad de las imágenes cinemáticas para comprobar la validez interna de la técnica de medida. Se ha desarrollado una versión funcional del Coeficiente de Correlación Intraclase y se ha aplicado a la base de datos, obteniendo unos valores superiores a 0.9, lo que muestra la fiabilidad de la técnica.
- Modelos de Análisis Funcional de Componentes Principales (AFCP). Se ha puesto a punto un nuevo algoritmo de normalización que permite comparar entre sí las imágenes cinemáticas de sujetos diferentes y obtener las variables que definen los patrones de variabilidad. De esta forma se reduce la información contenida en dos superficies a unas pocas variables, o Componentes Principales, que contienen toda la información necesaria para analizar las diferencias entre sujetos o entre grupos de sujetos. Se han obtenido cuatro factores o componentes principales que engloban la mayor parte de la variabilidad en el caso del patrón de las personas sanas.
- Modelos funcionales lineales para analizar la dependencia entre los pares de rodadura de factores como son la edad, género o dimensiones del cuello, por una parte, o las diferencias asociadas a la existencia o no de enfermedad o de disposición para colaborar, por otra. En el primer caso se han usado técnicas de regresión funcional, mientras que para la segunda se han desarrollado técnicas basadas en Análisis de la Varianza Funcional.
- Modelos de clasificación funcional. En este proyecto se ha usado el Análisis Discriminante para establecer los patrones de diferencias entre sujetos sanos y patológicos, por una parte, y entre patológicos y simuladores, por otra. Para ello se parte de los patrones definidos a través del AFCP, corregidos por la edad de acuerdo con los modelos de regresión y se definen las funciones de clasificación que mejor separan un grupo de otro. De esta manera se obtienen criterios cuantitativos que permiten diferenciar personas sanas de pacientes. Esos criterios podrán ser usados como evaluadores objetivos del nivel de mejora en los tratamientos y rehabilitación. Por otra parte, las funciones discriminantes entre sujetos patológicos y simuladores ofrecen información cuantitativa sobre las diferencias entre sujetos que presentan limitaciones funcionales y aquellos que la exageran.

En definitiva, el proyecto desarrollado nos ha permitido sentar las bases para un nuevo enfoque en la valoración funcional de determinadas patologías del cuello como el latigazo cervical, cuyo coste económico y social es muy importante en todos los países desarrollados. Los resultados del proyecto contribuirán a la mejora de la cartera de productos y servicios que el IBV ofrece a las empresas en lo relativo al desarrollo de nuevos sistemas de valoración funcional o el servicio de asesoramiento a Mutuas y compañías de seguros para la valoración funcional de pacientes.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/79

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Puesta a punto de metodología para la valoración de la calidad percibida de productos a partir de representaciones visuales (UNREAL)

Introducción

Con mercados cada vez más competitivos y usuarios que desean que los productos no solo cumplan los requisitos básicos, sino que además cumplan sus necesidades funcionales y afectivas, los métodos de evaluación de la calidad cobran un papel importante. La mayoría de las metodologías de valoración de productos están concebidas para ser utilizadas durante la fase de validación del producto, es decir, una vez se tiene un prototipo físico. Sin embargo, modificaciones del producto en fases finales del ciclo de producción representan un alto coste para las empresas.

Una alternativa es utilizar una representación visual del producto y hacer dicha validación en fases de diseño, lo cual reduciría significativamente los costes de fabricación. La representación visual del producto debe reproducir algunos elementos de diseño con un cierto grado de realismo comparable al de un prototipo físico. La validez de la valoración del usuario dependerá del nivel de similitud entre la representación visual y el producto final esperado. Para incrementar el realismo de las representaciones visuales se ha hecho cada vez más común el uso de imágenes tridimensionales (3D). Sin embargo, no existen metodologías de valoración de la calidad percibida de productos a partir de una representación tridimensional.

En este proyecto se ha puesto a punto una metodología de valoración de la calidad percibida de productos a partir de representaciones visuales. Esta metodología estará orientada a la evaluación de productos sin disponer de un prototipo físico. Esto permitirá encontrar posibles mejoras en el producto antes de su fabricación de una forma científica y sistemática. A través de este proyecto se pretende poner a disposición de las empresas una herramienta que asegure una adecuada valoración del producto en fases de diseño, con el fin de favorecer la implementación de recomendaciones que garanticen el éxito del producto final, optimizando los recursos de fabricación.

Este proyecto se inició en 2011 y ha tenido una duración de dos años.

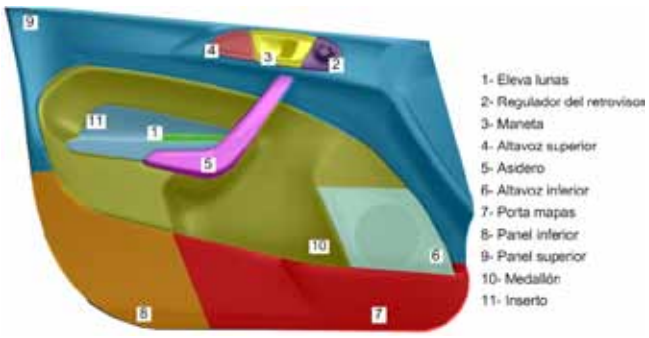
Resultados

El proyecto se ha desarrollado en 3 fases: *i)* la definición de productos y parámetros de valoración, *ii)* la definición y puesta a punto de una metodología para la evaluación de productos mediante representaciones visuales y finalmente, *iii)* la validación de la metodología propuesta por medio de experimentos con usuarios.

Durante la primera fase del proyecto, se realizaron grupos de discusión con empresas y usuarios para hacer una selección de productos fabricados en comunidad valenciana en los que el diseño es un factor relevante

en la calidad percibida. Para cada producto se valoró la influencia en la cadena de valor de una metodología como la planteada en el proyecto y se seleccionó un panel puerta de coche para la puesta a punto de la metodología. Posteriormente, por medio de grupo de discusión con expertos del sector del automóvil y usuarios (conductores habituales) se seleccionaron los elementos de diseño del panel puerta y los parámetros emocionales que definen su calidad. Los elementos de diseño seleccionados son los representados en la figura 1 y los conceptos emocionales asociados a la calidad del producto que se han definido para este producto fueron: seguro, original, moderno, elegante, deportivo, de calidad, ligero y robusto.

Figura 1: Producto seleccionado y sus áreas de interés.



Finalmente se desarrolló un experimento con 16 usuarios con el fin de determinar si su valoración ante una representación visual es comparable con la valoración del producto real. Se seleccionaron dos técnicas para registrar la calidad percibida por los usuarios. Por una parte, se registraba la valoración de los conceptos emocionales asociados al producto mediante cuestionarios. Por otra parte, se registró la forma en que los usuarios observaban el producto, mediante la técnica de seguimiento de la mirada (Figura 2), con el objetivo de determinar cómo y dónde miraban.

Algunos resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas con usuarios fueron:

- Entre el producto real y el 3D no hay diferencias significativas en el tiempo y el número de veces que los usuarios fijan su mirada en los diferentes elementos de diseño.
- El orden en que se observan los elementos del producto real y el 3D son muy similares. Existen diferencias en el orden únicamente en dos de los elementos (asidero y altavoz inferior).

Figura 2: Valoración de la calidad percibida por los usuarios de acuerdo a la representación visual en 3D y real (izquierda) y mapa de calor obtenido a partir del seguimiento de la mirada (zonas de color rojo corresponden a áreas con mayor tiempo de observación) (derecha).

- Los entornos virtuales tienden a presentar mejores valoraciones en la "percepción". Las diferencias de percepción en entorno virtual son más visibles en aspectos como la originalidad, modernidad, elegancia, estilo deportivo, sobriedad y ligereza.

Las diferencias de percepción encontradas entre el entorno real y tridimensional vienen posiblemente provocadas por discrepancias en el acabado entre el prototipo real y el 3D. La representación tridimensional permite ofrecer un mejor acabado del producto final.

Con esta información se ha definido una metodología para la valoración de la calidad percibida a partir de representaciones visuales. Como parámetros críticos de la metodología se ha considerado: la resolución de la imagen, la calidad de las texturas, la similitud de los colores con los materiales reales, el manejo de los reflejos y el realismo y la iluminación de la escena tridimensional.

Los resultados muestran que la metodología propuesta aporta información fiable sobre la calidad percibida de un producto usando una representación visual. Esta metodología permitirá a los fabricantes realizar la valoración de sus productos sin tener que realizar prototipos físicos.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEEA/2012/33

Pay-Per-Use for a Sustainable Mobility (Pay-per-use SIM)

Introducción

Los centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana miembros de iMAUT (AIMME, AIMPLAS, IBV, ITE e ITI) han iniciado en 2012 el proyecto Pay-Per-Use for a Sustainable Intelligent Mobility (PPU-SIM), que tiene como objetivo incorporar al vehículo las funcionalidades necesarias para permitir desde el mismo el pago de servicios relacionados con la movilidad.

De esta manera se pretende responder a nuevas necesidades generadas por políticas de movilidad sostenible como el pago por el acceso a centros urbanos para vehículos de gran tamaño o de alta tasa de contaminación, un peaje urbano que ya está implantado en grandes ciudades europeas como Londres, Estocolmo, Oslo o Milán. Otra potencial aplicación de esta tecnología que se va a desarrollar es la relacionada con recargas para vehículos eléctricos. A través de este nuevo dispositivo, el conductor podrá localizar puestos de recarga y pagar el servicio desde el propio automóvil.

De forma paralela, desde el proyecto se va a estudiar cómo integrar el HMI (Interfaz Hombre-Máquina) dentro del habitáculo del conductor, que está previsto que se ubique en los salpicaderos o las consolas centrales del automóvil.

El resultado principal del proyecto será un prototipo demostrativo del sistema de pago por uso integrado en un módulo del vehículo, junto a una especificación detallada de los procesos, protocolos, materiales y equipos utilizados. Tendrá la finalidad de facilitar la implementación de medidas para la desincentivación de ciertos sistemas de transporte, la regulación de accesos a determinadas áreas o la gestión de ciertos pagos de servicios como el caso de la recarga del vehículo eléctrico, de los peajes o de las zonas de estacionamientos regulado.

Resultados

A lo largo del primer año del proyecto PPU-SIM se han ejecutado las fases para la definición del modelo de referencia, los escenarios de uso y la interfaz del HMI.

En primer lugar, se han recopilado investigaciones relevantes sobre los sistemas HMI y su aplicación en la automoción para ofrecer nuevos servicios y mejorar la seguridad, realizando una búsqueda de los dispositivos actuales y una revisión de la normativa aplicable a su desarrollo y uso en vehículos.

En segundo lugar, se ha realizado un **análisis de los modelos de uso de infraestructura** que pueden aplicar al entorno urbano para un automóvil haciendo especial hincapié en los servicios de pago por uso

de infraestructura asociados. En esta tarea se han determinado cuáles son los requisitos genéricos de la Plataforma ITS (Intelligent Transport System) identificando los distintos agentes, entidades y datos a considerar, y estudiando su ámbito de actuación, dependencias e interacciones, así como sus posibles deficiencias.

Con el modelo de referencia ya establecido, se han generado a través de nuestro HMI los diferentes **escenarios de uso con los servicios a ofrecer**. Los servicios básicos a implementar han sido:

a. **Entrada en zona urbana**. Este servicio on line permitirá el pago de un peaje urbano, habilitará el acceso del usuario a una zona urbana, también denominada zona de congestión. La tasa a pagar por el usuario podrá ser una tasa variable de acuerdo a la hora del día, tipo de vehículo (según su tamaño y/o consumo energético) y número de ocupantes. Esta tasa puede incluir pagos negativos, por ejemplo bonos por evitar horas y lugares congestionados. Un requisito indispensable en el funcionamiento de este servicio es que la aplicación sea informada, por medio de un servicio complementario, de la proximidad a la zona de congestión. Dicho servicio complementario debe estar constantemente en comunicación con la infraestructura para detectar la presencia del vehículo.

b. **Asistencia en el aparcamiento**. Es un servicio on line que proveerá información en tiempo real sobre la disponibilidad de plazas libres en aparcamientos, así como en zonas de estacionamiento regulado, que tengan además terminales de recarga para vehículos eléctricos. La aplicación desarrollada ofrecerá los medios necesarios para reservar y pagar la tarifa correspondiente.

En la figura 1 se puede observar la interacción de las diferentes tareas necesarias para ofrecer los servicios anteriores. Se agrupan en tres grandes grupos:

1. **Entradas**. Corresponden a las tareas preliminares que permiten obtener los datos de entrada necesarios para los diferentes servicios que interactúan.
2. **Ejecución de la aplicación**. Tareas que se ejecutan dentro de la aplicación a desarrollar dentro del vehículo.
3. **Salidas**. Son las acciones propias de cada servicio.

De forma similar, en la figura 2 se muestra un resumen del caso de uso de la aplicación HMI y de la interacción con los diferentes elementos involucrados de acuerdo a los diferentes escenarios posibles.

Figura 1: Tareas relacionadas con el escenario de uso.

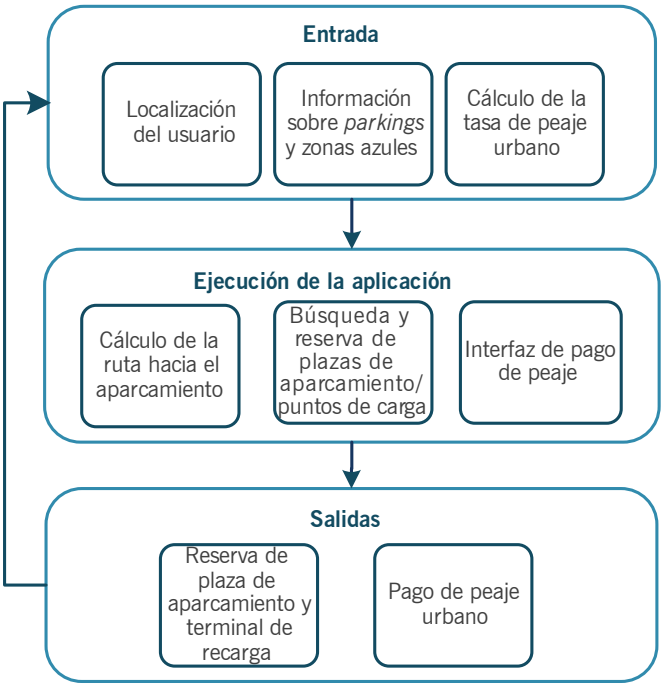
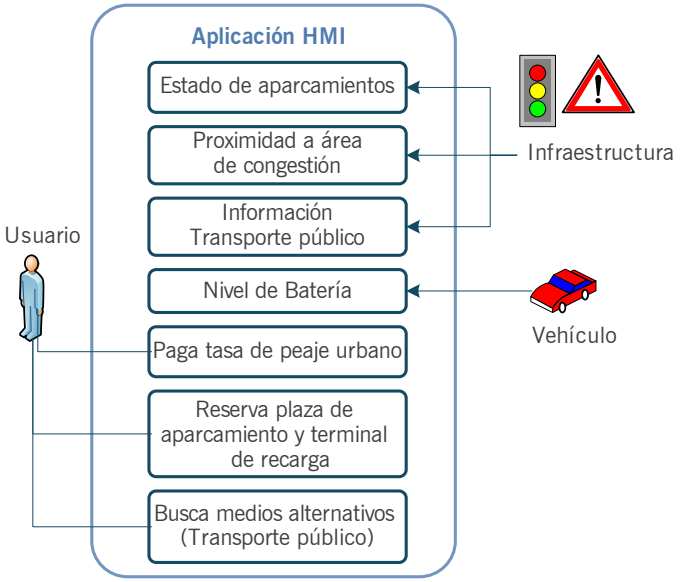


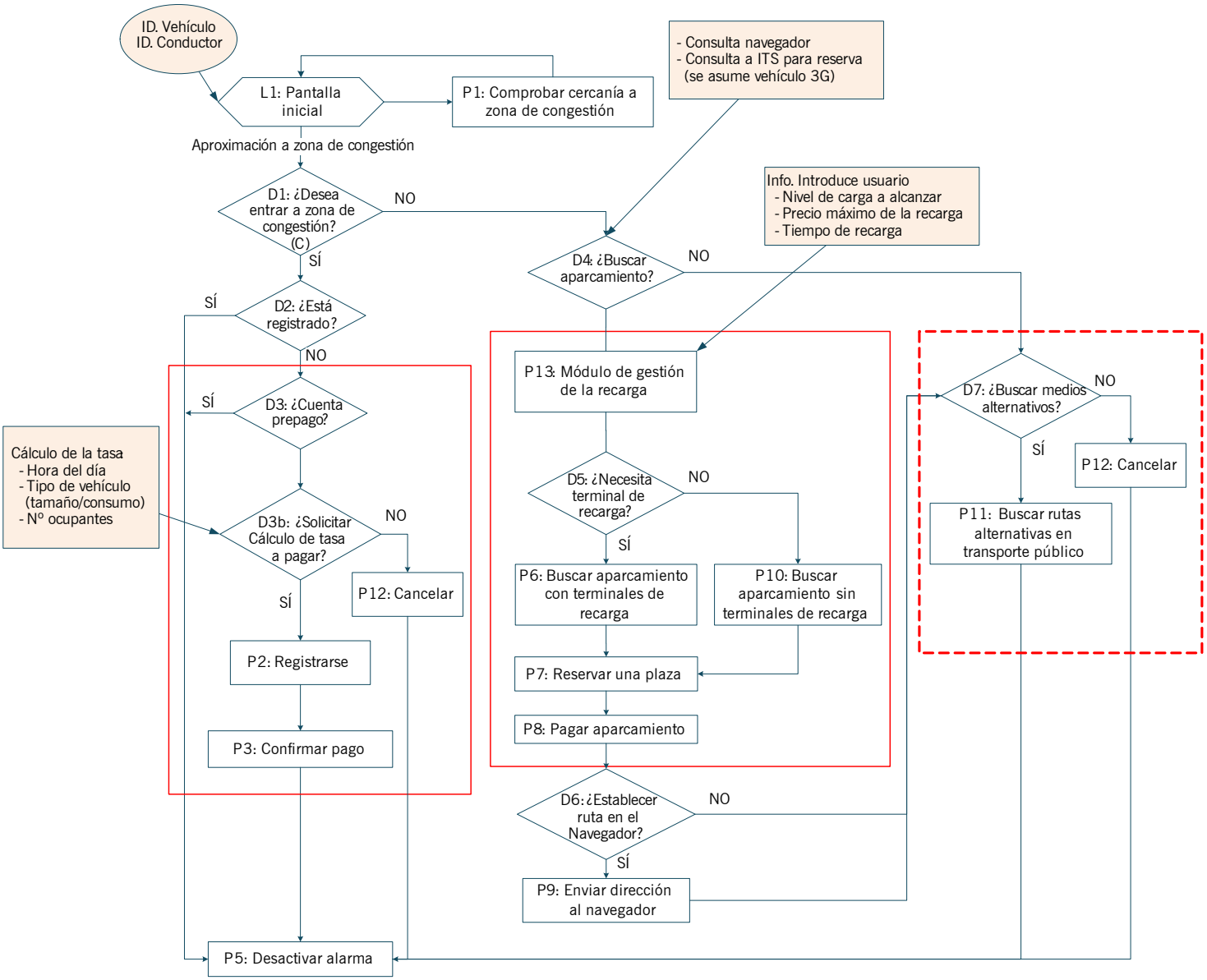
Figura 2: Diagrama de caso de uso.



Desarrollo del prototipo del HMI

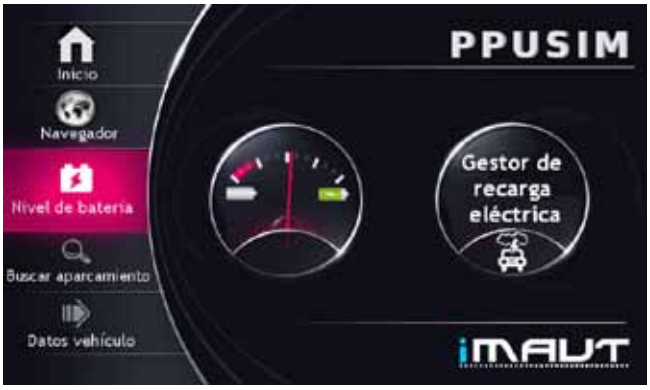
Una vez definidos los escenarios de uso se ha procedido al análisis HCTA para extraer de forma estructurada la información que debe proporcionar la interfaz, los diagramas de flujo (Figura 3) y establecer los requisitos de información. Con la información recopilada se ha empleado la declaración de principios europea sobre HMI (European Statement of Principles on Human Machine Interface for In-Vehicle Information and Communication Systems, ESoP) como guía para el diseño de nuestro HMI, centrándose, principalmente en el diseño, la presentación de información, la interacción con visualizadores y controles, el comportamiento del sistema y la información sobre el sistema.

Figura 3: Ejemplo diagrama de flujo escenario base PPUSIM (zona congestión, aparcamiento y recarga vehículo).



Como resultado, se ha definido la interacción entre las diferentes pantallas a través de una matriz de estados que muestra las transiciones de todos los elementos del interfaz y se ha iniciado el diseño de las pantallas principales (Figura 4).

Figura 4: Pantalla inicial del interfaz (versión de pruebas).



Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEUB/2012/22

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Plan de actividades de carácter no económico del Instituto de Biomecánica de Valencia para 2012 orientado a la mejora de la competitividad empresarial

Introducción

Esta actuación recoge diversas actividades de carácter no económico insertas en el plan anual de actividades del Instituto de Biomecánica. Las acciones incluidas en el proyecto persiguen mejorar la competitividad mediante el desarrollo de nuevas capacidades y conocimientos a través de: proyectos de I+D; acciones de difusión y diseminación de estas capacidades y de los resultados de I+D; potenciación tanto de los recursos humanos del centro como de los sistemas de gestión y organización de las actividades y de acciones complementarias que mejoren las capacidades de servicio a la sociedad y al entorno empresarial.

Resultados

Como parte del plan de actividades llevado a cabo durante 2012 se han realizado 17 acciones agrupadas en 6 tipologías diferentes de actividad. Se detallan a continuación los resultados obtenidos:

1. Actividades de I+D+i:
   - Desarrollo de modelos de inspección y control de pistas y equipamiento para la práctica del Pádel.
   - Desarrollo de procedimientos de análisis de practicantes de deportes varios. Estudio de los casos de ciclismo y golf. Valoración de gestos deportivos y ajuste persona-equipos.
   - Diseño, puesta a punto y validación de técnicas experimentales para el estudio del comportamiento biomecánico de implantes dentales.
   - Desarrollo de metodologías y contenidos formativos en Innovación Orientada por las Personas para el fomento de la iniciativa emprendedora.
   - Recopilación, integración y explotación de datos antropométricos.
   - Desarrollo de procedimientos para la verificación de modelos de elementos finitos. Revisión y selección de modelos musculoesqueléticos adecuados a las necesidades del IBV.
2. Actividades de inteligencia competitiva:
   - Análisis de metodologías de fiabilidad humana para identificar los errores y debilidades de los sistemas, analizando los propios sistemas e incluyendo a las personas que trabajan en ellos.
   - Estudio sobre el sector de la valoración funcional de accidentados de tráfico.
   - Análisis de las necesidades formativas empresariales en innovación orientada por las personas.

Figura 1: Portada de Revista de Biomecánica nº 58.

3. Colaboraciones y acuerdos con otros agentes técnico-científicos, participación en redes, plataformas y asociaciones y promoción de proyectos colaborativos.
4. Comunicación y difusión de la producción técnico-científica, de tendencias, de buenas prácticas:
   - Edición de Revista de Biomecánica.
   - III Foro Sobre Innovación, Economía y Calidad De Vida.
   - Jornadas de Valoración Funcional.
   - Otras jornadas de difusión científica.
5. Actividades de organización interna, formación de los trabajadores, mejora o innovación en servicios propios, planificación estratégica…:
   - Mejora de los sistemas de organización interna mediante su reingeniería y desarrollo de sistemas de gestión.
   - Programa de capacitación de gestores en presentación y gestión de proyectos del VII Programa Marco.
6. Otras actividades de carácter institucional (asociados), de servicios genéricos a la empresa (participación en comités técnicos, normalización…) o a la sociedad (colaboración con sistema educativo o sanitario…), nuevos reconocimientos o acreditaciones…
   - Actividad de normalización en el comité AEN/CTN 147.
   - Actividades de formación en Tecnologías para la Salud y el Bienestar.

El impacto previsto de todas las acciones realizadas obedece al desarrollo de los fines institucionales del IBV, que son la aplicación del conocimiento tecnológico que genera para el desarrollo y fortalecimiento de la capacidad competitiva de las empresas.

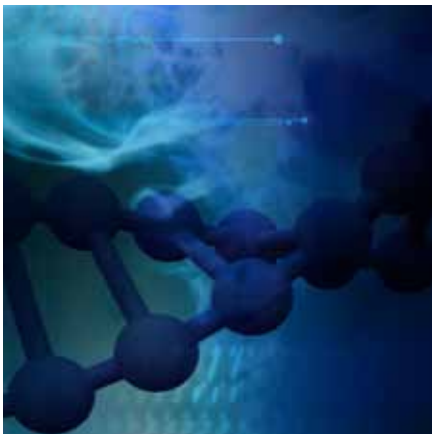
El IBV opera desde una perspectiva de mejora del cuidado de la calidad de vida de las personas, de forma que sus servicios de I+D+i siempre tienen en cuenta el aspecto sociosanitario de los productos o entornos con los que las personas interactúan.

Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013
Nº expediente: IMDEUB/2012/22

GENERALITAT VALENCIANA IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Figura 2: Inauguración del III Foro sobre innovación, economía y calidad de vida celebrado el 21 de junio de 2012.



Proyectos cofinanciados por los Fondos FEDER. Programa Operativo FEDER de la Comunidad Valenciana 2007-2013

GENERALITAT VALENCIANA

IMPIVA

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa