

La automatización de los ensayos de durabilidad de productos es una forma eficaz de asegurar resultados repetibles y reducir costes en la cadena de valor, pero su definición se vuelve compleja cuando las fuerzas a las que se someten durante el uso dependen de la interacción con la persona, así como de las propiedades mecánicas del material. Este problema ocurre con asiduidad en los componentes de automóvil. Para resolverlo en el caso del desgaste de asientos de segunda fila, se ha desarrollado un ensayo automatizado de uso que replica un patrón de movimiento y fuerzas calculado a partir de observaciones reales del movimiento de entrada y salida del vehículo realizadas por el Instituto de Biomecánica más un sistema robotizado industrial con control de fuerza, programado y puesto a punto por el Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2) de la Universidad Politécnica de Valencia.

### Development of use tests in automobile components

Automating durability tests for products is one effective way of assuring repeatable results and reducing costs in the product chain value, but their definition becomes complex when the forces that the products are subject to depend on the human interaction and the mechanical properties of the material. This problem frequently occurs with automobile components. To solve it for wear of second row seats, an automated use test has been developed, based on a series of measurements of the ingress and egress movement, performed by IBV, plus an industrial robot system with force control, programmed and set up by AI2, that reproduces a pattern of movements and forces calculated from the real observations.

## Desarrollo de ensayos de uso de componentes de automóvil

**Helios de Rosario Martínez\***, **José S. Solaz Sanahuja\***, **Elisa Signes i Pérez\***, **Ángel Valera Fernández\*\***, **Pedro Huertas Leyva\***, **Luis Garcés Pérez\***, **Isidro Campo Becares\***, **Victor Primo Capella\***

\*INSTITUTO DE BIOMECAÁNICA DE VALENCIA

\*\*INSTITUTO DE AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL (ai2)

### INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos en el diseño de productos es que sus características y los materiales empleados en su fabricación sean los apropiados para su uso, procurando que la interacción sea confortable y que el nivel de desgaste sea el adecuado para el ciclo de vida del producto. Para ello es práctica habitual realizar pruebas de durabilidad a través de la repetición cíclica de los movimientos y esfuerzos a los que son sometidos durante su utilización habitual.

Definir este tipo de pruebas para los productos con los que las personas interactúan por contacto puede ser una tarea considerablemente complicada, dado que los movimientos humanos son habitualmente complejos y difíciles de emular por máquinas sencillas. Una de las aplicaciones que ha recibido interés por parte de la industria son las pruebas de desgaste de asientos de vehículos en relación con el movimiento de entrada/salida.

Los métodos tradicionales para este tipo de pruebas se basan en aplicar cíclicamente cargas sobre los asientos, dimensionadas a partir del peso de los potenciales usuarios o, a veces, de las distribuciones de presión normal observadas en asientos instrumentados. Sin embargo, lo que más contribuye al desgaste de los materiales textiles son las fuerzas tangenciales que provoca el rozamiento con los miembros inferiores cuando el usuario se mueve para sentarse o levantarse. Este tipo de fuerzas, difíciles de medir directamente, son producidas por la combinación del peso y el desplazamiento de la pelvis y las piernas del usuario cuando éste se encuentra en contacto dinámico con el asiento. Por lo tanto, la mejor manera de definir el método de ensayo consiste en conocer con precisión el patrón de ese movimiento y las acciones dinámicas simultáneas, y reproducir esas condiciones con maniquís.

Para conseguir este objetivo, el IBV ha realizado una serie de pruebas con usuarios en las que se han medido las variables biomecánicas relacionadas con el movimiento de entrada/salida en asientos de segunda fila de automóvil y, a partir de ellas, ha definido un patrón de movimientos y fuerzas a aplicar en maniquís normalizados. Estos patrones se han integrado en un robot industrial programado con un algoritmo de control de fuerzas por el Instituto ai2 de la Universidad Politécnica de Valencia.

### METODOLOGÍA

Para capturar el movimiento de entrada/salida se han realizado una serie de pruebas con usuarios en un coche real. En estas pruebas se ha utilizado el sistema de fotogrametría Kinescan/IBV con 4 cámaras y un sistema de registro de presiones colocado sobre el asiento y

> el respaldo de la segunda fila del vehículo, que registraba la acción del usuario con una velocidad de muestreo de 20 mapas por segundo (Figuras 1 y 2). La posición del sistema estaba previamente calibrada en el espacio del sistema de fotogrametría.



Figura 1. Escenario de pruebas y sistema de fotogrametría.



Figura 2. Manta de presiones sobre asiento.

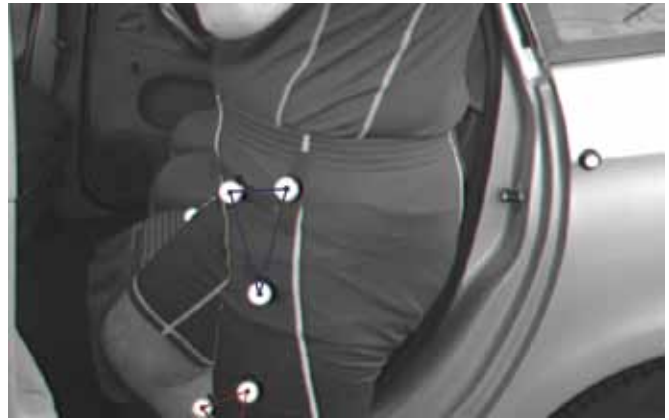


Figura 3. Medición del movimiento de entrada/salida.

Los movimientos (posiciones y alturas) de las piernas se han obtenido simultáneamente mediante 3 marcadores reflectantes en cada una. La pelvis se ha medido a través de un conjunto de 6 marcadores. La posición de las partes del cuerpo se ha definido en cada instante del movimiento de entrada/salida a través de las coordenadas de dichos marcadores, tomando como posición de referencia la postura completamente sentada (Figura 3). La referencia anatómica empleada para definir los movimientos ha sido el "punto H" (punto intermedio entre las caderas), usado como una referencia estándar en la industria del automóvil.

El desplazamiento del punto H y la rotación de las piernas han sido medidos a través de los registros de fotogrametría,

y también se ha obtenido la fuerza ejercida sobre el asiento integrando las presiones medidas sobre el mismo. Con estos datos se ha obtenido una media de los movimientos de 3 personas: una mujer de percentil 5 y dos hombres de percentil 50 y 95, cada uno de los cuales realizó 3 repeticiones del ensayo. Para obtener el patrón medio se ha aplicado una técnica avanzada de tratamiento de datos funcionales, con la que se han regularizado las curvas de posición, orientación y fuerza registradas en cada prueba, y se han definido curvas promedio a una velocidad normalizada, homogeneizando la duración y las fases de las 9 mediciones (Figura 4).

Además de los movimientos de las personas y de las fuerzas que éstas provocaban en el asiento, para poder desarrollar la

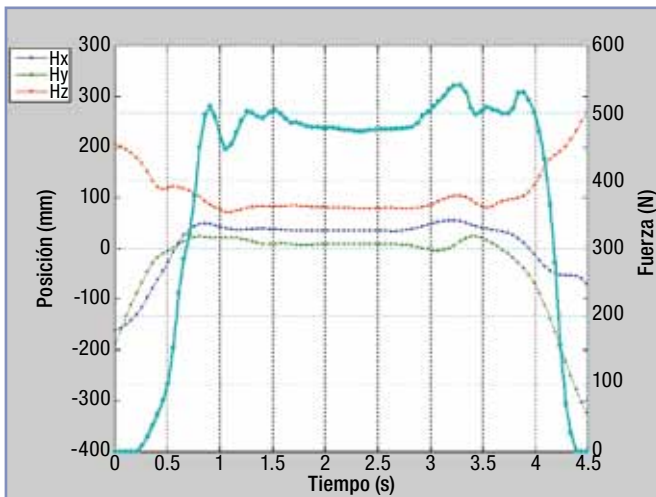


Figura 4. Patrón de fuerza y desplazamiento del punto H.

plataforma de ensayos ha sido necesario obtener la curva de calibración fuerza-desplazamiento del asiento. Esta curva es necesaria para poder establecer el control de fuerza, ya que con ella es posible determinar el desplazamiento que se produce en el asiento cuando se aplica una determinada fuerza. Estas pruebas de firmeza de los asientos de los automóviles han sido desarrollados de acuerdo con el procedimiento UNE-EN 1957.

Con la información de los ensayos biomecánicos y de firmeza se ha definido el patrón de fuerza y movimiento que habría de realizar un maniquí de acuerdo con las normas SAE J826 e ISO 6549. En este tipo de maniqués, los muslos y la pelvis constituyen un bloque rígido que imita la superficie inferior de una persona sentada, de tal manera que las dimensiones de su perfil y el punto de conexión con el robot que lo mueve están definidos a partir del punto H de referencia.

A partir del patrón de fuerza y movimiento determinado, se ha realizado, en primer lugar, una simulación por ordenador en 3D para verificar que el movimiento del maniquí respecto al asiento era compatible con las restricciones geométricas del asiento, considerando también su capacidad de deformación (Figura 5). Una vez realizados los ajustes, se ha programado el patrón en un robot industrial ABB IRB 140, equipado con un sensor de fuerza JR3 (Figura 6). El IRB 140 es un robot

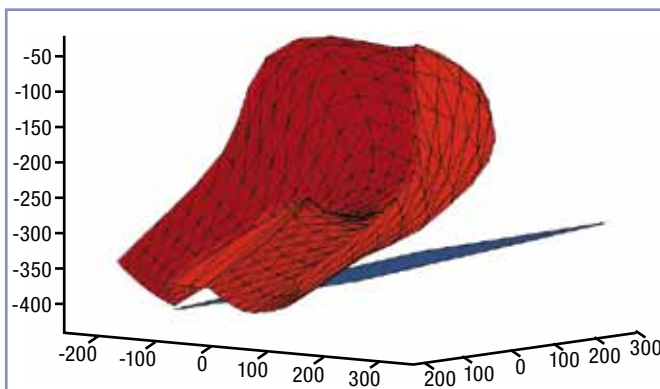


Figura 5. Simulación 3D del movimiento del maniquí.

compacto de 6 ejes con un espacio de trabajo de 810 mm de alcance y una repetibilidad de  $\pm 0.03$  mm. El sensor JR3 amplifica y convierte las señales de fuerza en una representación digital que sirve para controlar el movimiento del robot cuando el maniquí entra en contacto con la superficie.

Para la realización de los ensayos de los componentes de automóvil se ha desarrollado una aplicación en la que el control del robot se realiza en tres fases distintas: la primera es la fase de movimiento libre, en la cual el robot se mueve hasta acercarse al punto de contacto en el espacio tridimensional sin tener ninguna interacción con el entorno. En esta fase se ha establecido un control de la posición y/o velocidad del sistema robotizado. La segunda es la fase de impacto, en la cual el robot entra en contacto con el entorno por primera vez. Por último, está la fase del movimiento restringido, el robot aplica la fuerza necesaria para realizar la tarea encomendada. Para esta fase se han utilizado las medidas que proporcionaba en tiempo real el sensor JR3.

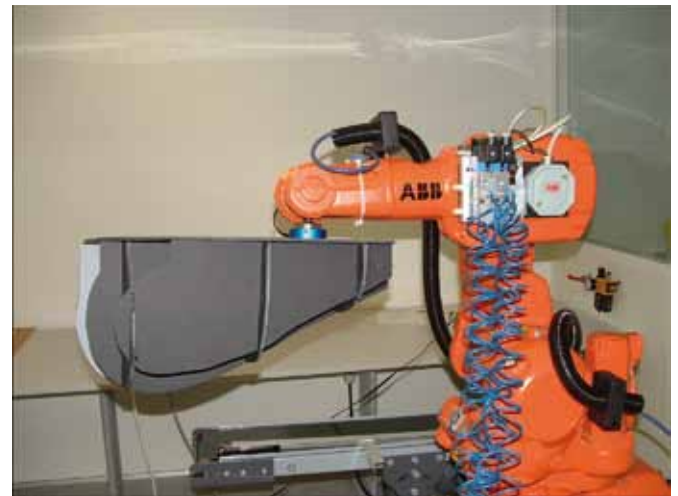


Figura 6. Robot IRB 140 utilizado para reproducir el movimiento.

## CONCLUSIONES

Con el análisis de los movimientos humanos en ensayos de uso reales, más la programación de un sistema de control de fuerza y movimiento en un robot industrial, se ha conseguido poner a punto un ensayo para controlar el efecto mecánico del movimiento de entrada y salida en los asientos de segunda fila del automóvil. Esta metodología también puede extenderse al ensayo de otro tipo de interacciones mecánicas y para otros componentes de automóvil con el fin de medir, modelar y reproducir de forma automatizada este tipo de interacciones del usuario con el producto.

### AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) por su participación en el desarrollo de un ensayo de uso automatizado para el caso del desgaste de asientos de segunda fila.