

# Medir el confort en trenes de alta velocidad

Begoña Mateo Martínez<sup>1</sup>, José S. Solaz Sanahuja<sup>1</sup>, Claude Pujol<sup>2</sup>,  
Jaume Altesa Cabanas<sup>2</sup>, Elisa Signes i Pérez<sup>1</sup>, Luis Garcés Pérez<sup>1</sup>, Juan Fayos Sancho<sup>1</sup>,  
Helios de Rosario Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INSTITUTO DE BIOMECÁNICA (IBV)

<sup>2</sup> ALSTOM TRANSPORT

El confort de los pasajeros de alta velocidad es uno de los aspectos de mayor interés de los operadores ferroviarios que tienen al cliente como centro de sus actividades. ALSTOM, con la finalidad de tener en cuenta estas necesidades ha desarrollado, en colaboración con el Instituto de Biomecánica (IBV), una herramienta de diagnóstico del confort de sus vehículos basada en estudios experimentales.

## Measuring High Speed Trains Passenger's comfort

High Speed Trains Passenger's comfort is one of the key aspects for railway operators, that have the client as the center of their activities. ALSTOM, with the purpose of considering these needs, has developed, together with IBV, a tool for diagnose the comfort of their vehicles based on experimental studies.

## INTRODUCCIÓN

La comodidad y el confort son una prioridad para los servicios de alta velocidad. Las inversiones dirigidas a su mejora son elevadas, por lo que conocer de antemano qué factores influyen en el confort a bordo y cómo afectan a los pasajeros es fundamental. Con este objetivo, el IBV ha participado con ALSTOM y RENFE en un amplio estudio de campo en el que ha evaluado el confort percibido por los pasajeros del tren de alta velocidad y ha medido simultáneamente las condiciones ambientales en el mismo. A partir de este estudio de campo, se ha desarrollado una herramienta de diagnóstico y predicción que permitirá a la empresa conocer el efecto que tienen o tendrán sobre el confort de los pasajeros las modificaciones en sistemas tales como aire acondicionado o elementos de interiorismo. La herramienta, además, permitirá optimizar el coste de las renovaciones y generar pliegos de especificaciones para nuevos vehículos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El objetivo del proyecto ha sido analizar el confort global de los pasajeros de alta velocidad, conjugando una caracterización cuantificada de las condiciones a bordo que afectan al confort y la respuesta de los pasajeros. Los resultados de este trabajo permiten establecer una jerarquía de los distintos factores que influyen en el confort global; conocer de manera cuantificada las causas físicas que afectan al confort global; detectar puntos fuertes y puntos débiles referentes al confort y optimizarlo, incorporando las necesidades del pasajero desde las fases de diseño de nuevo material rodante hasta la planificación del mantenimiento.

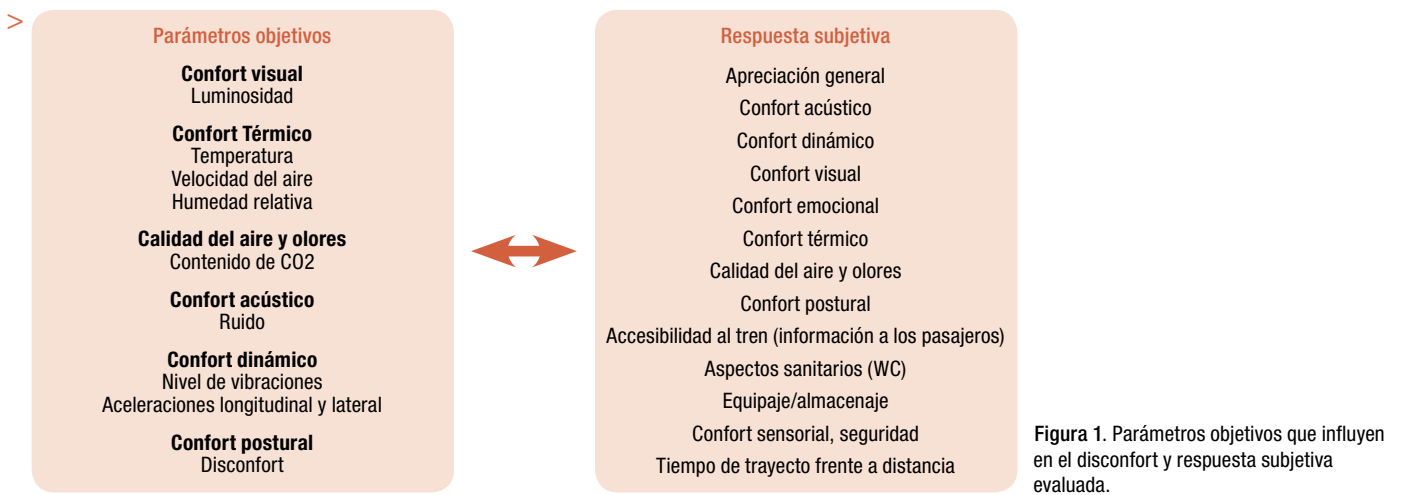
### Metodología empleada

El proyecto se llevó a cabo en tres fases:

Fase 1. Diseño y puesta a punto de la campaña de medida del confort global a bordo.

El objetivo de esta fase fue determinar los parámetros objetivos que caracterizan el confort global y seleccionar el equipamiento necesario para las medidas a bordo. El equipamiento seleccionado debía ser capaz de medir con la precisión adecuada los parámetros descritos en la figura 1 y, a la vez, ser autónomo y fácilmente transportable dado que las medidas se realizaron a bordo de los vehículos en funcionamiento regular.

>



Una vez determinado el equipamiento para medir las variables objetivas, se seleccionó la muestra representativa de pasajeros y se elaboró un cuestionario para recoger la valoración del pasajero en cuanto a la sensación de confort global. El resultado de las tareas anteriores se empleó para diseñar una metodología de caracterización completa del confort global a bordo, lo que implicó diseñar protocolos de medida, sincronización de equipos y transferencia de datos para optimizar la medición y el registro de encuestas.

### Fase 2. Realización de la campaña de medidas del confort global a bordo.

Esta fase consistió, básicamente, en desplegar la campaña de medidas a bordo de un tren de alta velocidad.

La campaña de medidas se realizó a bordo del tren S100R de ALSTOM, que realiza la ruta Madrid (Atocha) – Sevilla (Santa Justa) y tuvo una duración de nueve semanas, durante las cuales se realizaron encuestas a 760 pasajeros (Tabla 1) entre los coches turista, club y preferente, distribuidos tal y como indica la tabla, y se realizaron las correspondientes medidas de los parámetros objetivos en cada una de las plazas analizadas al mismo tiempo.

Tabla 1. Pasajeros entrevistados por clase.

CLASE	PASAJEROS ENTREVISTADOS
Club	79
Primera	207
Turista	474

Previamente a la realización de medidas y de encuestas, se llevaron a cabo una serie de tareas orientadas a organizar y planificar las mediciones en trenes de alta velocidad. A continuación se realizó una primera validación de la metodología de caracterización completa del confort global a bordo a modo de estudio piloto y finalmente se llevó a cabo la campaña de medidas.

### Fase 3. Validación de la metodología y análisis del confort global y desarrollo de una Toolbox.

Una vez obtenida y organizada la base de datos de medidas, se analizaron en detalle los resultados obtenidos para, en primer lugar, validar la metodología de caracterización del confort global.

La validación de los métodos de medida se realizó dividiendo los datos en dos conjuntos, uno de ellos se empleó para generar el modelo que relacionase las variables subjetivas con las variables objetivas y el otro conjunto de datos se empleó para determinar el grado de acierto de las predicciones del modelo. Las diferencias entre la predicción y los datos reales proporcionan una estimación de la validez del modelo.

En la fase de análisis se obtuvieron los rangos de variabilidad de los datos; esto es, el rango de varianza “normal” en cada coche, situación o dentro de cualquiera de los factores de interés.

Se determinaron también los umbrales de confort o disconfort, es decir, los valores límite de las variables objetivas que separan el grado de disconfort elevado de un confort adecuado.

En una segunda tarea se caracterizó el confort global de los pasajeros mediante el análisis de los parámetros objetivos medidos y la respuesta del pasajero, obteniendo un mapa completo que describe el estado de la tecnología de los elementos que influyen en el confort (variables y valores más frecuentes).

Finalmente, en la tercera tarea, se generó una *toolbox* que contiene los resultados del proyecto, tanto las medidas objetivas como las subjetivas que pueden visualizarse en distintas configuraciones (Figura 2) y que puede ser utilizada para introducir nuevos datos y explorar la información de distintos modos.

## Comfort Analysis Toolbox

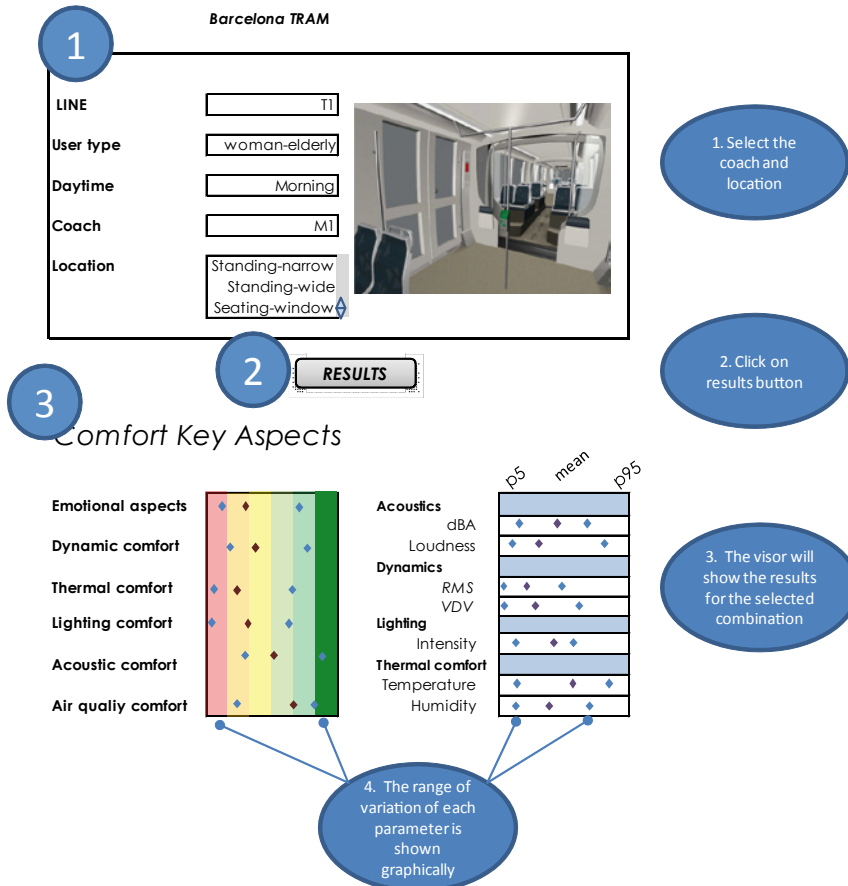


Figura 2. Formato del tipo de *toolbox* desarrollada para ALSTOM.

## CONCLUSIONES

El proyecto ha permitido obtener la frecuencia e importancia de los factores que afectan al confort del pasajero y el nivel de confort medio por clase, por plaza, por coche o por tipo de pasajero. A partir de esta información ha sido posible detectar los niveles de confort inadecuados y determinar la causa de los mismos. De este modo, se ha establecido una jerarquía de intervención para mejorar el confort de los pasajeros.

Finalmente, se ha obtenido un modelo para relacionar el confort global con la influencia parcial de los principales factores, de tal modo que sea posible predecir cómo afectarán las innovaciones o cambios que modifiquen aspectos parciales del confort en la sensación global de los pasajeros.

Se trata, pues, de una muy buena herramienta para el diagnóstico y prescripción de los elementos que hay que abordar en una renovación. Y es también un sistema de medición del impacto que las renovaciones han tenido respecto al modelo previamente existente, permitiendo, por tanto, afinar en las inversiones de renovación y diseño de futuros modelos.

### AGRADECIMIENTOS

A RENFE, cuya implicación y apoyo han sido imprescindibles para el éxito del proyecto.