

## Simulación de Accesibilidad a Vehículos Ferroviarios

### *Simulation of Accessibility to Railway Vehicles*

Juan Carlos Carrasco Giménez, José Luis Porras Caballero, Diego Pedrosa Espinosa

Departamento de I+D de TRIA Railway R&D  
Centro de Tecnologías Ferroviarias ADIF, Málaga

---

#### Resumen

Uno de los principales inconvenientes que se plantean en la operación de los sistemas de transporte, especialmente el ferrocarril, es el relativo a la accesibilidad de las personas al modo de transporte. Con el fin de estudiar concretamente la problemática en el sector ferroviario, se ha diseñado un sistema electromecánico que permite simular, en el Laboratorio Estación del Centro de Tecnologías Ferroviarias de ADIF en Málaga, los múltiples escenarios de accesibilidad que se pueden producir en cualquier andén de la Red de Ferrocarriles de Interés General. Dicho sistema se caracteriza por tener una gran versatilidad, permitiendo configurarse para emular cualquier tren del parque móvil de RENFE, material histórico o incluso trenes actualmente en diseño o futuros.

Palabras clave: Accesibilidad, ETI, gálibo, andén, interoperabilidad, PMR.

#### Abstract

*Peoples' accessibility to the mode of transport, is one of the main inconveniences that appears during transport operations, in particular for rail travel. A new electromechanical system has been developed to analyse this problem. The system located at the Station Laboratory, of the ADIF's Railway Technologies Centre, allows multiple accessibility scenarios on any platform to be simulated. This system is characterized by its great versatility, allowing the adoption of the required configuration to simulate any current RENFE's train, historical rolling stock, trains currently under design or even future designs.*

*keywords: Accessibility, TSI, gauge, platform, interoperability, PRM.*

---

## **1. Introducción**

Las fuertes inversiones que se han llevado a cabo como medida impulsora del transporte ferroviario en los últimos tiempos, en consonancia con las directrices marcadas en el Libro Blanco “La política europea de transportes de cara al 2010”, estaban encaminadas a mejorar la competitividad del sector ferroviario frente a otros modos, atrayendo tráfico de personas y mercancías al ferrocarril. Para conseguir esta atracción no sólo es suficiente con garantizar una adecuada accesibilidad desde el punto de vista de la proximidad al servicio ferroviario, como se está llevando a cabo gracias al Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, sino también desde el punto de vista del acceso al material rodante.

Según un reciente comunicado de prensa de la Comisión Europea, una de cada seis personas en la UE, es decir, alrededor de ochenta millones, sufre una discapacidad entre leve y grave. Además, un tercio de las personas de más de setenta y cinco años padece algún tipo de discapacidad que restringe sus posibilidades de accesibilidad debido a las barreras físicas encontradas.

La Unión Europea se ha comprometido, tras firmar y ratificar la Convención de las Naciones Unidas sobre los derechos de las Personas con Discapacidad, a crear una Europa sin barreras. En el nuevo Libro Blanco sobre Transportes de 2011, en relación con la calidad y fiabilidad del servicio se considera como objetivo: “mejorar la calidad del transporte para la gente mayor, los pasajeros con movilidad reducida y los discapacitados, mejorando entre otras cosas la accesibilidad de la infraestructura”.

Este compromiso de la Unión Europea, y específicamente con el transporte ferroviario, queda materializado con la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) para Personas de Movilidad Reducida (PMR). Según la mencionada ETI, se entiende por Persona de Movilidad Reducida aquella que presenta dificultades para utilizar los trenes o la infraestructura asociada, incluyendo las siguientes categorías:

- Usuarios en sillas de ruedas (personas que emplean la silla de ruedas para desplazarse debido a una dolencia o discapacidad)
- Otras personas cuya movilidad se ve dificultada, en particular:
  - personas con deficiencias en las extremidades;
  - personas con dificultades de desplazamiento;
  - personas con niños;
  - personas con equipaje pesado o voluminoso;
  - personas mayores;
  - mujeres embarazadas;
  - personas con deficiencias visuales;
  - invidentes;
  - personas con deficiencias auditivas;
  - sordos;
  - personas con deficiencias de comunicación (que tienen dificultad para comunicarse o comprender el lenguaje hablado o escrito, incluidos los extranjeros que desconocen la lengua local, las personas con dificultades de comunicación y las personas con deficiencias sensoriales, psicológicas e intelectuales);
  - personas de baja estatura (incluidos los niños).

En este sentido desde el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias como por parte de RENFE se han tomado medidas para corregir estos inconvenientes, encaminados a hacer del transporte ferroviario un modo más accesible para todos.

Con el fin de poder analizar la problemática descrita, y poder simular los diferentes escenarios de accesibilidad al material rodante desde el andén de una estación en cualquier punto de la Red de Ferrocarril de Interés General, se desarrolló para el Laboratorio Estación del Centro de Tecnologías Ferroviarias de ADIF el “SIMAV: Simulador de Accesos a Vehículos Ferroviarios”.

## 2. Laboratorio Estación del Centro de Tecnologías Ferroviarias de ADIF

El laboratorio fue construido en 2011, y su principal función es la de simular cualquier disposición de andén de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) en España. Para ello dispone de un andén de 30 metros de longitud, contando con unas vías dispuestas en ancho ibérico (1.668 mm) y una separación al eje de vía, en horizontal, de 1.680mm, separación más usual de los andenes en España.

El andén está diseñado con la posibilidad de elevarse en altura. Para ello, cuenta con un sistema hidráulico de cuatro pistones conectados a la estructura portante del andén, siendo capaz de elevarlo 300mm, teniendo una cota mínima de 520mm y máxima de 820mm sobre cabeza de carril.



**Fig.1.** Andén Laboratorio Estación CTF

Con el fin de estudiar el conjunto de la plataforma dentro del andén y evitar así posibles interferencias, se tomaron medidas de las dimensiones en perfil del andén necesarias para poder croquizarlo (figura 2) y modelarlo en 3D (figura 3).

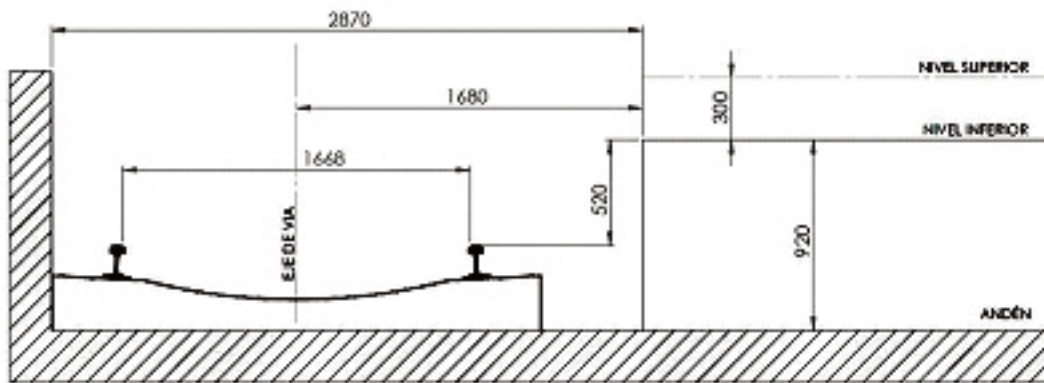


Fig.2. Vista de Perfil Andén del Laboratorio Estación CTF

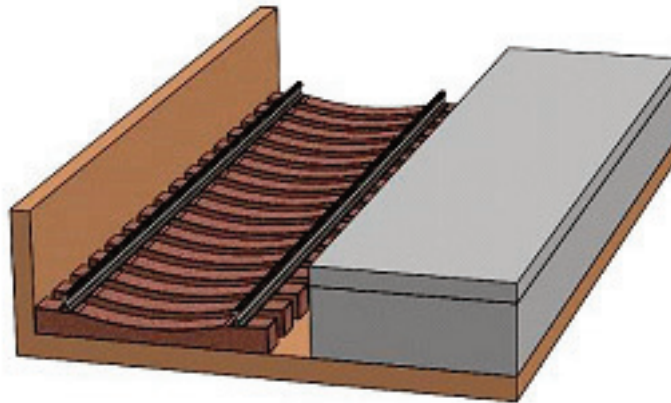


Fig.3. Vista en Perspectiva del Modelo 3D del Andén del laboratorio Estación CTF

### 3. Proceso de Diseño del Simulador

Tras la modelización tridimensional del andén del Laboratorio Estación, se recopiló información sobre las dimensiones de los diferentes trenes del parque móvil de RENFE actual y series obsoletas o fuera de circulación. El objetivo primordial era poder estimar un rango de valores de funcionamiento del dispositivo.

Como especificaciones de funcionamiento se contaban con las siguientes:

- Plataforma capaz de **simular**, tanto en cota desde cabeza de carril como en separación en borde del andén, el **embarque a diferentes vehículos ferroviarios**.
- Vehículo capaz de simular andenes con vías en **pendiente o peraltadas**.
- Capacidad portante de **500 kg/m<sup>2</sup>**.
- **Rodadura adaptable** a ancho convencional (1.668 mm) y estándar UIC (1.435 mm).
- Sistema de **freno manual** incorporado para estacionamiento.

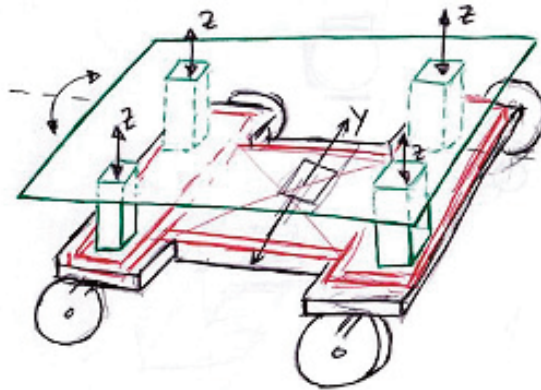
- Plataforma equipada con **barreras de mano** de protección lateral.
- Sistema de regulación vertical y horizontal compuesto por **husillos eléctricos regulados por autómatas**.
- **Mando de control** para la regulación de la plataforma.
- Capacidad de ser **fácilmente desmontable** en módulos para su transporte.

En primer lugar, se realizó una búsqueda de precedentes o maquinaria de similares características que pudieran servir de inspiración para la fase de diseño conceptual. Se constató la ausencia de dispositivos con las especificaciones técnicas requeridas. Así pues, se tomó como referencia maquinaria ligera de manipulación de vía como la de la figura 2, obteniendo ideas como por ejemplo, el sistema de rodadura de estos dispositivos, una estructura portante con perfiles tubulares o sujeción de elementos adicionales entre otros.



**Fig. 4** Maquina centradora de vías

En la figura 5 se representa el primer boceto conceptual realizado donde se esquematiza una idea inicial del conjunto y los movimientos a realizar por el simulador, diferenciando entre tres plataformas. La inferior será la bancada que soporta todo el dispositivo y permite la rodadura sobre los raíles, una intermedia que permite el desplazamiento horizontal sobre la inferior para su acercamiento al andén y por último una plataforma superior la cual se eleve para el posicionado en altura de los distintos trenes.



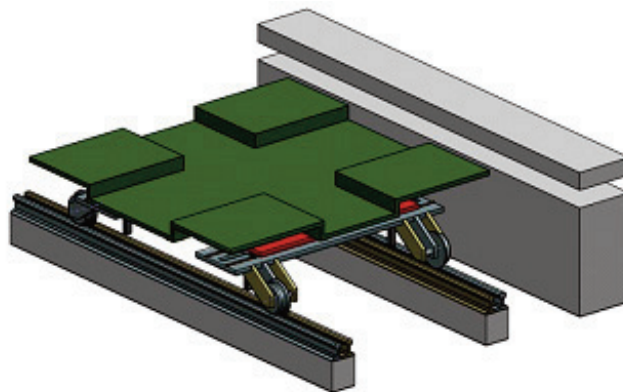
**Fig. 5** Primer Boceto Conceptual del SIMAV

A partir de este y otros bocetos realizados a mano alzada, y teniendo en cuenta las dimensiones especificadas, se comienzan a diseñar las primeras partes del simulador, sin entrar en detalle, intentando adquirir una visión de conjunto de cómo podría componerse el sistema.

A continuación se muestra la evolución de los distintos diseños realizados del simulador a lo largo del proceso, junto con una descripción de los sistemas alternativos que se han ido proponiendo hasta encontrar la solución definitiva que actualmente se encuentra en el Centro de Tecnologías Ferroviarias de ADIF.

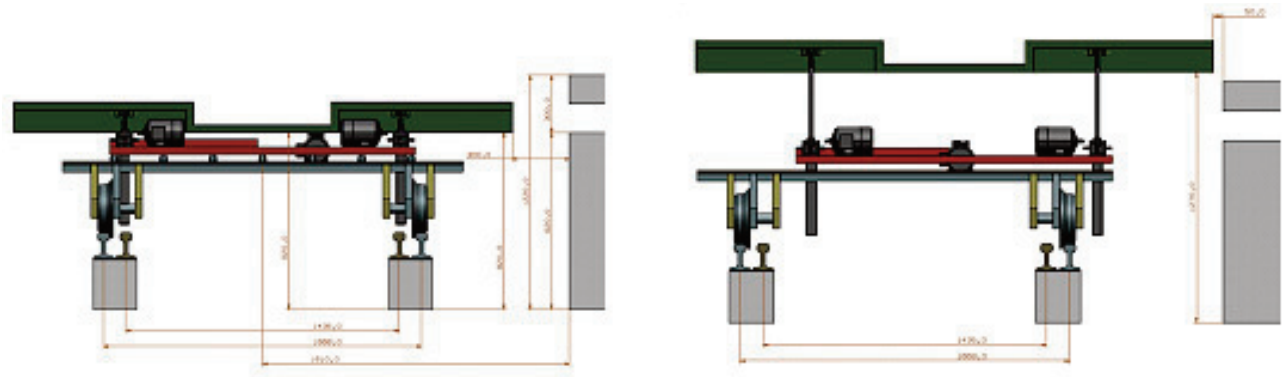
### SIMAV: Primer Diseño

Se modelaron las distintas plataformas como sólidos, y se comienzan a idear los mecanismos de elevación y desplazamiento horizontal. Para estos movimientos se eligen unos husillos mecánicos reversibles accionados por motores eléctricos independientes. La plataforma superior dispone de unos cajones para permitir bajar la cota del piso sin interferir con los elementos mecánicos. La plataforma intermedia se desplaza horizontalmente sobre la inferior por medio de unas guías.



**Fig. 6** Perspectiva primer diseño

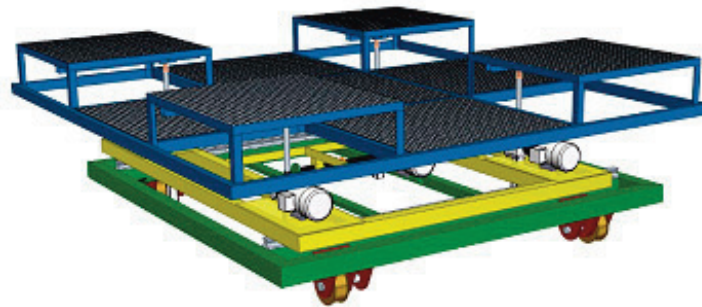
En este punto se comenzaron a simular las distintas posibilidades de movimientos del dispositivo, con el fin de encontrar interferencias y solucionarlas con sistemas y elementos alternativos.



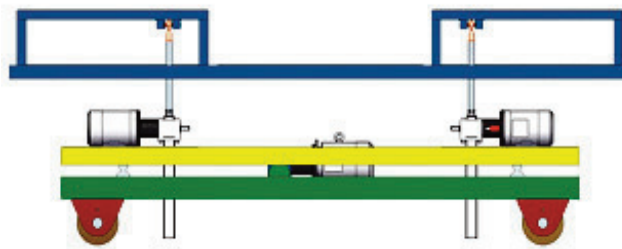
**Fig.7** Posición con altura mínima de piso (izquierda) y máxima (derecha) en primer diseño

SIMAV: Segundo Diseño

En el siguiente avance, el aspecto a destacar es el diseño de las distintas plataformas mediante perfiles tubulares, con lo que se reduce considerablemente el peso y se dota de la solidez necesaria al simulador. Para dar consistencia al piso transitable de la plataforma superior se utilizan unos elementos emparrillados de tramex, los cuales a parte de aligerar la estructura, ofrecen una superficie antideslizante.



**Fig. 8** Perspectiva segundo diseño

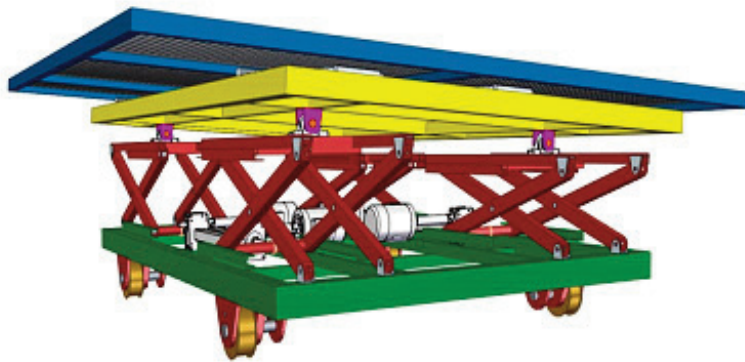


**Fig.9** Vista perfil segundo diseño

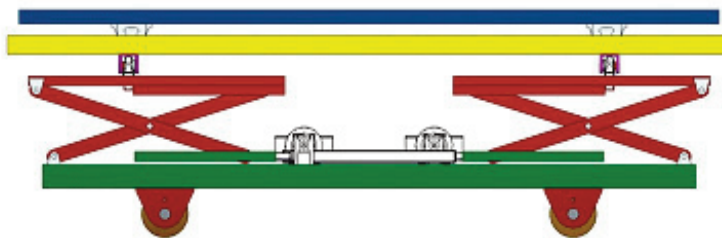
Como inconveniente se planteó la dificultad de elevar la plataforma superior por medio de unos husillos mecánicos sin guiar dicho movimiento. En posiciones elevadas estos husillos tenderían a flectar en cuanto la componente de la carga no fuese totalmente vertical, ya que no están diseñados para soportar cargas laterales. Además la plataforma debe permitir, como se indica en las especificaciones, una inclinación para simular el peralte en curva, condición que agravaría el problema.

### SIMAV: Tercer Diseño

Para solventar el problema anterior de la necesidad de guiar el movimiento vertical, se pensó una solución alternativa que incorporara unos sistemas de elevación por medio de mecanismos de tijera. Estos se diseñaron incorporando unos husillos mecánicos en posición horizontal que actúan sobre la base del sistema para proporcionar el desplazamiento vertical. Para poder cumplir las especificaciones referentes a la inclinación de la plataforma, se hace necesaria la instalación de cuatro mecanismos independientes.



**Fig.10** Perspectiva del diseño del mecanismo de tijeras



**Fig.11** Vista de perfil del diseño del mecanismo de tijeras

Al analizar con mayor profundidad la alternativa propuesta comenzaron a surgir los siguientes inconvenientes:

- En primer lugar, el simulador no permite alcanzar la cota vertical más baja en referencia a la distancia entre la cabeza del carril y el piso transitable de menor cota, debido al espacio ocupado por el mecanismo de tijera.



- En segundo lugar, se comprueba que en los sistemas de elevación por mecanismos de tijeras se emplean sistemas hidráulicos, ya que la fuerza necesaria para realizar la elevación de la carga cuando el mecanismo se encuentra en su posición más baja se ve incrementada debido al efecto multiplicador inherente al mecanismo. Además estos sistemas son más complejos y para el caso en estudio, donde se va a ubicar el simulador a la intemperie, los aspectos relativos al mantenimiento cobran una especial relevancia.

### SIMAV: Cuarto Diseño

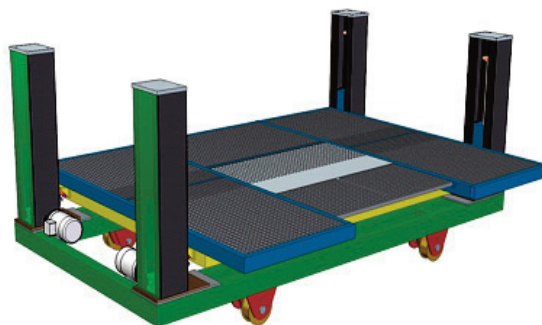
Tras haber descartado el mecanismo de tijera, se continuó el proceso de búsqueda de una solución más viable al problema de elevación de la plataforma. En este punto del diseño, y tras haber valorado distintas opciones, se plantea la posibilidad de instalar unas columnas elevadoras, obteniendo la idea de los sistemas de elevación de coches en los talleres de mecánica.



**Fig.12** Sistemas de columnas elevadoras comerciales

La mayoría de estos sistemas utilizan unos husillos mecánicos en posición vertical, realizando la elevación de la carga de manera guiada por medio de unos perfiles guía, los cuales otorgan la rigidez a flexión necesaria.

Para incorporar este sistema en el diseño, se optó por cambiar la configuración de las plataformas que conforman el SIMAV. Tal como se aprecia en la figura 13, las columnas de elevación pasaron a apoyarse sobre la bancada inferior. La plataforma intermedia quedaría conectada a las columnas de elevación mediante un carrito de elevación que abraza al husillo. Para poder producir el movimiento horizontal, se conecta la plataforma superior a la intermedia mediante guías lineales.



**Fig.13** Perspectiva diseño columnas elevadoras

### SIMAV: Diseño Definitivo

Como últimos avances más representativos, incorporados en el diseño del simulador, se presentan las siguientes mejoras:

- En cuanto a las columnas elevadoras, se invierte la posición del husillo, instalándolo en la parte superior de estas, ya que en el diseño anterior, al estar en la parte inferior, existía una limitación para poder bajar la plataforma hasta la cota mínima requerida.
- En cuanto al desplazamiento horizontal, desde un principio se utilizó un sistema de guías lineales de recirculación de bolas como el mostrado en la figura 14, que presentan como principal ventaja la precisión en los movimientos, cuestión que quedó desestimada principalmente por su elevado coste.



**Fig.14** Sistema de guías lineales de recirculación de bolas

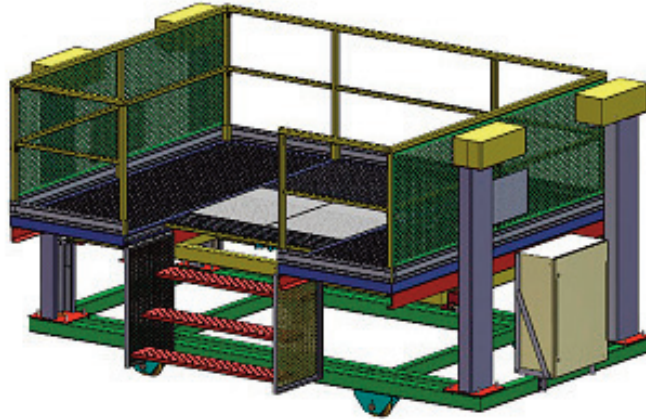
Analizando el mecanismo y su función en detalle, se llegó a la conclusión de que no era esencial una precisión elevada para la aplicación objeto de estudio.

En su lugar se sustituyeron por ruedas de nylon mecanizadas que discurren por el interior de un perfil en U. La prestación de resistencia a carga elevada queda garantizada con este sistema y la precisión conseguida está dentro del rango exigido en las especificaciones técnicas del equipo.



**Fig.15** Sistema de guiado en grúas portavehículos

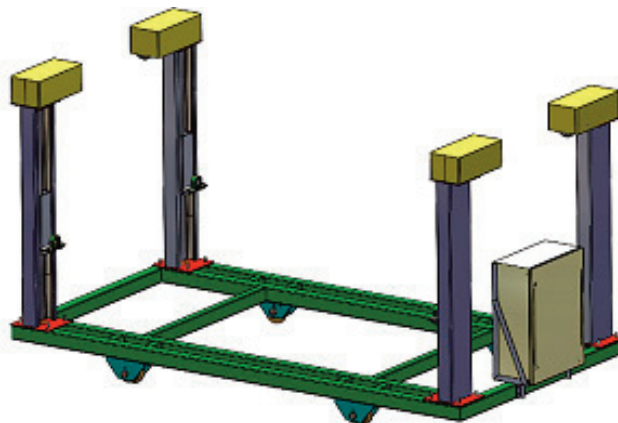
Tras analizar todos los mecanismos y soluciones adoptadas durante el proceso de diseño se llegó a la conclusión de que la configuración óptima es la mostrada en la figura 16.



**Fig.16** Perspectiva diseño definitivo del simulador

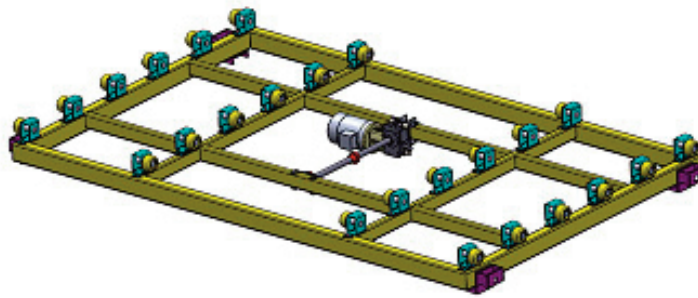
SIMAV cuenta con tres plataformas:

La plataforma inferior tiene como finalidad realizar las funciones de bancada o soporte de toda la estructura. Contiene el sistema de rodadura, que permite ser adaptado a ancho ibérico y estándar UIC, además de soportar las columnas de elevación, tal y como se muestra en la figura 17. Los motores se ubican en la superficie superior protegidos mediante cubiertas extraíbles.



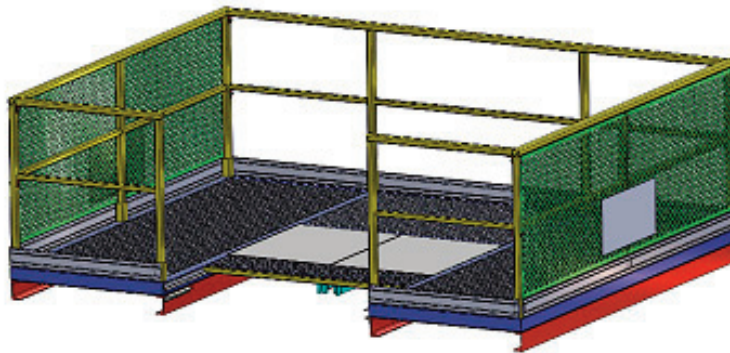
**Fig.17** Conjunto Bancada Inferior

La bancada intermedia contiene el sistema de rodillos que permite el desplazamiento de la plataforma horizontal, así como la fijación del husillo horizontal y el motor.



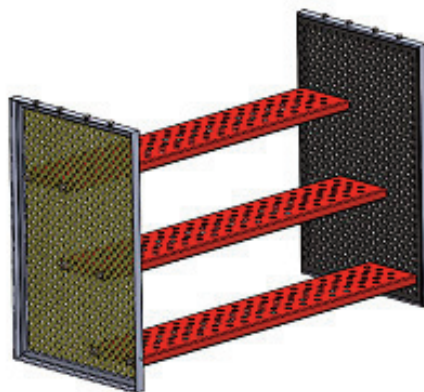
**Fig.18** Conjunto Bancada Intermedia

La bancada superior contiene en su parte inferior la pieza de soporte de la tuerca del husillo horizontal, encargado de este desplazamiento al girar las ruedas de nylon en el interior de los perfiles en U soldados a la parte inferior de la estructura de la plataforma superior.



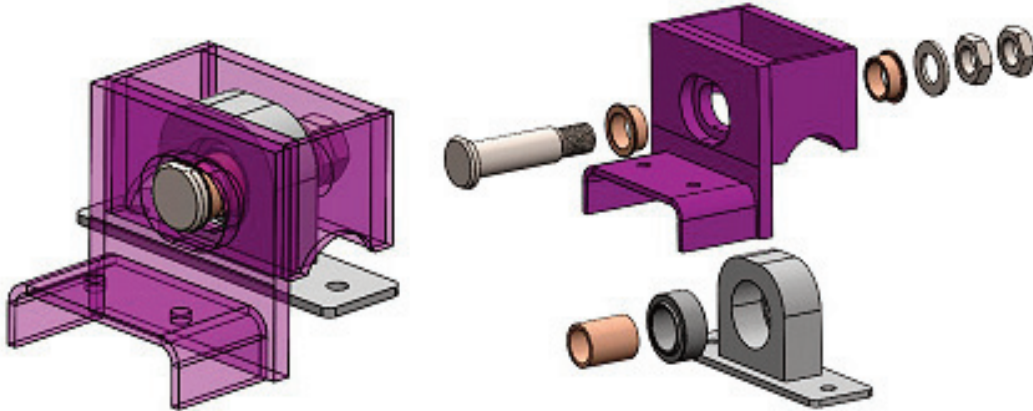
**Fig.18** Conjunto Bancada Intermedia

La estructura se complementa con un sistema de escaleras desmontable y fácilmente adaptable a la diferente disposición que se puede encontrar de escalones y estribos en los trenes que se pretenden simular. Según la disposición que se adopte, se atornillan los peldaños a la chapa perforada teniendo en cuenta ciertas tolerancias en las cotas verticales y horizontales.

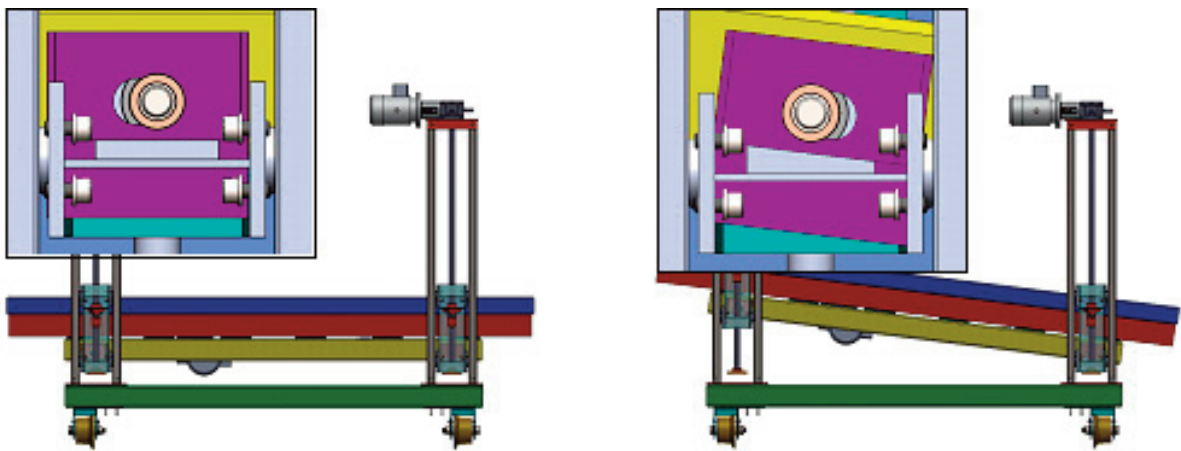


**Fig.19** Sistema de Escalones

Uno de los aspectos clave es la capacidad de simular peralte y pendiente con los requisitos de esfuerzos que conlleva para los puntos de unión a las columnas de elevación. Para ello se empleó una combinación de casquillos alojados en cojinetes con rótulas. Para lograr la funcionalidad representada en la figura 21, se practicaron agujeros colisos en los soportes correspondientes para que los ejes pudiesen deslizarse y así conseguir la inclinación deseada en la plataforma.



**Fig.20** Vista explosionada articulación 4



**Fig.21** Vista en detalle en posición de peralte máximo

El control del SIMAV se logra mediante un mando con pantalla táctil. Permite simular posiciones introduciendo las medidas manualmente o en modo automático, guardando un listado de trenes en memoria. La figura 22 muestra el SIMAV simulando la posición del tren S-104 de RENFE.

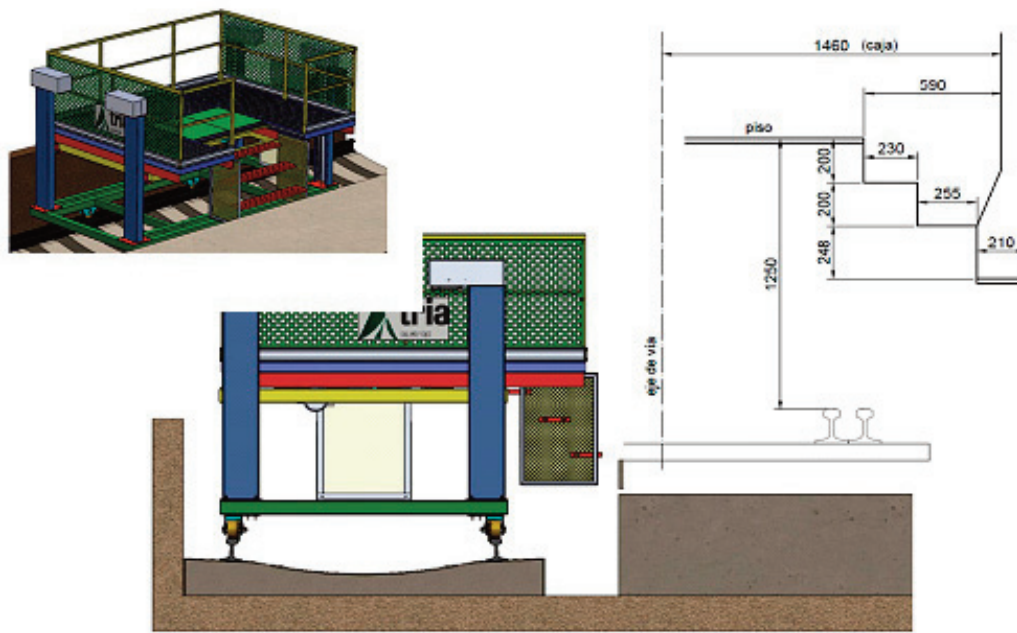


Fig.22 Simulación del tren S-104 de RENFE.



Fig.23 Vista Frontal SIMAV (izquierda) y vista lateral durante la visita de la Ministra de Fomento al CTF (derecha).

#### 4. Conclusión

Se ha diseñado un sistema para simular la accesibilidad a cualquier vehículo ferroviario en el Laboratorio Estación del Centro de Tecnologías Ferroviarias de Málaga.

El sistema funciona mediante la actuación por husillos eléctricos reversibles accionados mediante motorización independiente y controlados por un autómata programable a través de una pantalla táctil portátil.

El sistema permite simular situaciones de acceso con pendiente y peralte, para ello cuenta con conexiones a las columnas de elevación basadas en cojinetes, rótulas, casquillos y colisos.

El equipo es capaz de circular tanto en ancho estándar UIC como ibérico.

**Referencias**

- [1] COMISIÓN EUROPEA. Libro Blanco “La política europea de transportes de cara al 2010”, 2001.
- [2] EUROPEAN RAILWAY AGENCY. Especificación Técnica de Interoperabilidad de Personas con Movilidad Reducida, 2008.
- [3] COMISIÓN EUROPEA, Libro Blanco de Transportes 2011.
- [4] MINISTERIO DE FOMENTO. Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, 2005.
- [5] NORMA UNE-EN 280:2002. Plataformas elevadoras móviles de personal.
- [6] NORMA UNE-EN 58921:2002. Instrucciones para la instalación, manejo, mantenimiento, revisiones e inspecciones de las plataformas elevadoras móviles de personal.
- [7] NORMATIVA DE RENFE VÍAS. N.R.V. 0-2-0.0, de Parámetros Geométricos
- [8] NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN nº 634: Plataformas elevadoras móviles de personal. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- [9] NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN nº 123: Barandillas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- [10] LADRÓN DE GUEVARA, I.: El dibujo técnico y sus normas (Apuntes asignatura Expresión Gráfica). Universidad de Málaga.
- [11] NORTON, R. L. (1999): Diseño de máquinas. Ed. Prentice Hall. México.
- [12] SHIGLEY, J. E. y MISCHKE, C. R. (1988): Teoría de máquinas y mecanismos. Ed. McGraw-Hill. México.
- [13] SHIGLEY, J. E. y MISCHKE, C. R. (1990): Diseño en ingeniería mecánica. Ed. McGraw-Hill. México.
- [14] SIMÓN, A.; BATALLER, A.; GUERRA, A.; ORTIZ, A. y CABRERA, J. (2005): Fundamentos de teoría de máquinas. Ed. Bellisco.
- [15] TIMOSHENKO, S. (1957): Resistencia de materiales. Espasa-Calpe, S.A. Madrid, 2 tomos.