

Organiza:



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Departamento de Ingeniería Civil. Transportes  
Cátedra de Ferrocarriles

Limitado  
a 15 plazas

# seminario

## el **CÁLCULO** con **MATLAB** de las **FUERZAS** en el **CONTACTO RUEDA CARRIL**

**El programa CONTACT del Prof. Kalker y  
su desarrollo en Matlab por el Prof. Luis Baeza**

**Madrid, 26 de noviembre de 2014**

Patrocinan:



Colaboran:



Fundación Agustín de Betancourt  
Colegio de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos

# SEMINARIO

**El CÁLCULO con MATLAB de las FUERZAS en el CONTACTO RUEDA CARRIL**  
El programa CONTACT del Prof. Kalker y su desarrollo en Matlab por el Prof. Luis Baeza

## PRESENTACIÓN

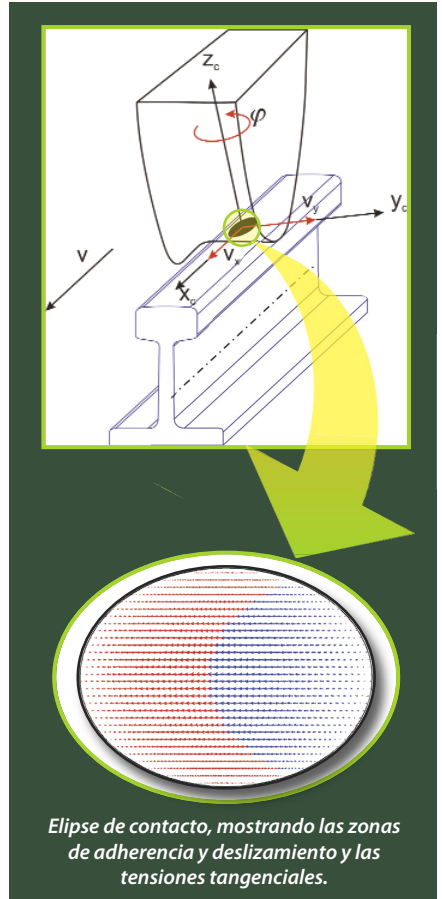
Los movimientos laterales del eje montado ferroviario, o en su caso del bogie o de los rodales de trenes sin ejes como el Talgo, se producen por las fuerzas laterales que aparecen en las zonas de contacto entre rueda y carril. La dinámica lateral conjunta del tren y la vía no se había estudiado nunca hasta ahora en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, lo que explica los problemas de estabilidad de las nuevas vías AVE que han aparecido al llegar los trenes a la velocidad de 300 km/h (en el AVE de Sevilla el tren sólo circulaba así en los 8 km de la recta del pk.103), y explica también que no se haya podido alcanzar nunca en España la velocidad máxima de 350 km/h que figuraba en los proyectos aprobados y construidos. Desde la muerte del Catedrático Prof. Losada en 1993 se habían seguido explicando los mismos temas, prácticamente los mismos del clásico texto del Prof. García Lomas de 1945, hasta que en 2005 quedó de manifiesto para cualquier Ingeniero de Caminos la importancia fundamental de la dinámica ferroviaria y de su base: el cálculo de las fuerzas en el contacto rueda-carril. Los enormes, continuos e intolerables golpeteos y movimientos de los trenes AVE en las vías de Barcelona o de Valencia muestran que esas vías se han proyectado con escaso conocimiento de la dinámica ferroviaria y de las fuerzas que se generan en el contacto rueda-carril. Y cuanto más se habla hoy de la Marca España más deben los ingenieros españoles corregir estas vías, especialmente si se compara la circulación en ellas con la suave circulación que se observa en los trenes de Alta Velocidad de Japón, Corea, China o de Alemania. Los abusivos cánones que Adif hace pagar a Renfe, y que en definitiva paga el usuario, se deben probablemente a los enormes costes de mantenimiento que exigen estas vías.

Las fuerzas normales en el contacto rueda-carril se calculan de forma sencilla y rápida por las teorías del Prof. Hertz de 1881, pero las fuerzas laterales siguen siendo complejas de calcular. En 1967 el Prof. Kalker publicó en la Universidad de Delft su Tesis Doctoral que abrió el camino a estos cálculos. A lo largo de su vida fue mejorando estos procesos de cálculo y desarrollando diversos programas hasta crear el conocido programa CONTACT, que 25 años después sigue siendo hoy el referente de estos cálculos. Este programa CONTACT se puede conseguir hoy en versión cerrada y compilada a través de la Universidad de Delft y de la empresa Vortech, pero los procesos de cálculo exigen un conocimiento muy detallado de los algoritmos y un estudio profundo tanto de la Tesis del Prof. Kalker como de su texto de 1990, como de otros textos y trabajos de otros autores de la Teoría del Contacto. El programa CONTACT es hoy en 2014 un referente para comprobar cualquier otro método de cálculo de las fuerzas en el contacto de rueda y carril, pero el detalle de lo que hace sigue siendo un insondable misterio para el Ingeniero Ferroviario normal.

El Prof. Luis Baeza de la Universidad Politécnica de Valencia desarrolló hace ya años su programa CONTACT, escribiéndolo primero en Fortran para su Tesis Doctoral y después en Matlab, siguiendo los trabajos del citado Prof. Kalker. Esta es posiblemente la única versión del programa que existe en España con el código abierto, y por eso ha parecido conveniente a la Cátedra de Ferrocarriles de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid hacer este Seminario.

El asistente al Seminario estudiará en detalle todas las rutinas y funciones en Matlab y desarrollará una potentísima herramienta para, dados los pseudo-deslizamientos de la rueda sobre el carril, obtener las fuerzas laterales y longitudinales en el contacto, que son las que causan los movimientos del tren.

*Esquema de las tres fuerzas y el momento (spin) en el contacto rueda-carril.*



# SEMINARIO

**El CÁLCULO con MATLAB de las FUERZAS en el CONTACTO RUEDA CARRIL**  
El programa CONTACT del Prof. Kalker y su desarrollo en Matlab por el Prof. Luis Baeza

## PROGRAMA DEL SEMINARIO

**08:30-09:00 h** Entrega de documentación

**Prof. Manuel Melis - Catedrático Emérito de Ferrocarriles, ETS Ing. Caminos de Madrid, UPM.**

**09:00-09:45 h Tensiones normales en el contacto rueda-carril. La Teoría de Hertz, 1881 y 1882.**

Calculo de los ejes de la elipse de contacto. Calculo del acercamiento o approach. Rutinas en Matlab para esos cálculos.

**09:45-10:00 h** Cuestiones y preguntas

**10:00-10:45 h Tensiones Tangenciales y Momento (spin) en el contacto rueda-carril.**

El concepto del pseudo-deslizamiento. Análisis del problema tangencial desde el comienzo del ferrocarril hasta los trabajos del Prof. Kalker en 1964.

**10:45-11:00 h** Cuestiones y preguntas

**Prof. Luis Baeza - Prof. Titular (Catedrático Acreditado) de Ferrocarriles, ETS Ing. Industriales de Valencia, UPV.**

**11:00-11:45 h Tensiones Tangenciales. y Momento (spin) en el contacto rueda-carril.**

Planteamiento de las ecuaciones generales. Trabajos de De Pater, Kalker y Johnson.

**11:45-12:00 h** Cuestiones y preguntas

**12:00-12:45 h Relación entre las tensiones y las deformaciones en el contacto rueda-carril.**

El teorema de Galin, La Tesis de Kalker 1967. Las ecuaciones de Boussinesq-Cerruti. Los trabajos del Prof. Love.

**12:45-13:00 h** Cuestiones y preguntas

**13:00-13:45 h Cálculo de las Tensiones Tangenciales y Momento (spin).**

El sistema de ecuaciones no lineales y su solución por Newton-Raphson.

**13:45-14:00 h** Cuestiones y preguntas

**14:00-15:00 h** Comida

**15:00-15:45 h Tensiones Tangenciales y Momento en el contacto rueda-carril.**

Planteamiento del programa en Matlab.

**15:45-16:00 h** Cuestiones y preguntas

**16:00-16:45 h Las fuerzas Tangenciales y el Momento en el contacto rueda-carril.**

Rutinas para el cálculo.

**16:45-17:00 h** Cuestiones y preguntas

**Prof. Ricardo Insa - Prof. Titular de Ferrocarriles, ETS Ing. Caminos de Valencia, UPV.**

**17:00-17:45 h Los pseudo-deslizamientos y las fuerzas tangenciales en los trenes AVE de Valencia y Barcelona.**

**17:45-18:00 h** Cuestiones y preguntas

**18:00 h** FIN DEL SEMINARIO

# SEMINARIO

## El CÁLCULO con MATLAB de las FUERZAS en el CONTACTO RUEDA CARRIL

El programa CONTACT del Prof. Kalker y su desarrollo en Matlab por el Prof. Luis Baeza

## INFORMACIÓN GENERAL

### SEDE

Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Madrid  
C/ Profesor Aranguren, s/n  
28040 Madrid  
Laboratorio Numérico de Ferrocarriles, Planta Sótano -1

### ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Departamento de Ingeniería Civil. Transportes  
Cátedra de Ferrocarriles

### SECRETARÍA DEL SEMINARIO

Juana España Manzanero  
Teléfono y Fax: 91 336 53 57  
juana.espana@caminos.upm.es

### CUOTA DE INSCRIPCIÓN

La cuota de inscripción es de 500 € (IVA incluido), e incluye la asistencia al Seminario, los coffee-break, los programas de cálculo de las distintas simulaciones, la documentación de los artículos, tesis y libros citados y la comida.

Se dispondrá de un ordenador por persona con el software necesario.

Se limita el número de asistentes a 15 para mayor comodidad.

Para efectuar la inscripción, deberá enviar cumplimentado el boletín junto con la copia del resguardo de transferencia, por fax o email, o cheque nominativo, a la Secretaría del Seminario.

### FORMA DE PAGO

El abono de la cuota de inscripción se realizará mediante uno de los sistemas siguientes (*marque el elegido*):

- Transferencia bancaria a:  
Fundación Agustín de Betancourt  
Nº cuenta: 0234 0001 08 9800077028
- Cheque nominativo a nombre de:  
Fundación Agustín de Betancourt  
(Deberá recibirse una semana antes de la fecha del Seminario)

# SEMINARIO

## El CÁLCULO con MATLAB de las FUERZAS en el CONTACTO RUEDA CARRIL

El programa CONTACT del Prof. Kalker y su desarrollo en Matlab por el Prof. Luis Baeza

Madrid, 26 de noviembre de 2014

## BOLETÍN DE INSCRIPCIÓN

Rogamos cumplimentar el boletín en letras mayúsculas y enviarlo por Fax: 91 336 53 57  
o E-mail: juana.espana@caminos.upm.es

Apellidos: .....  
Nombre: .....  
Cargo: .....  
Departamento: .....  
Empresa/Organismo: .....  
C.I.F. Empresa: .....  
Dirección: .....  
Población: .....  
C.P.: ..... Provincia: .....  
Telf.: ..... Fax: .....  
E-mail: .....

***El número de plazas está limitado a 15. Se reservará por riguroso orden de recepción de la solicitud junto con el justificante de pago.***

### Cuota de Inscripción

La cuota de inscripción es de **500 € (IVA incluido)**, e incluye la asistencia al Seminario, los coffee-break, los programas de cálculo de las distintas simulaciones, la documentación de los artículos, tesis y libros citados y la comida. (*Ver información general*).

### Forma de pago

El abono de la cuota de inscripción se realizará mediante uno de los sistemas siguientes (*marque el elegido*):

Transferencia bancaria a:  
Fundación Agustín de Betancourt  
Nº cuenta: 0234 0001 08 9800077028

Cheque nominativo a nombre de:  
Fundación Agustín de Betancourt  
(Deberá recibirse una semana antes de la fecha del Seminario)