



SEPARACIÓN ÓPTIMA ENTRE TRAVIESAS EN VÍAS
CONVENCIONALES Y DE ALTA VELOCIDAD

RESUMEN RESULTADOS

PROYECTO ODSTRACK



Ministerio de Ciencia,
Innovación y Universidades



UNION EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL
"Una manera de hacer Europa"

Unión Europea.
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Agencia Estatal
de Investigación

Investigador Principal

Roberto Sañudo Ortega 2022

Indice

1. LOGROS FUNDAMENTALES	3
2. RESULTADOS MAS IMPORTANTES	5
2.1 Artículos en revistas indexadas, Conferencias y Congresos Internacionales y Workshops	5
2.2 Talleres y Seminarios	6
3. COLABORACIONES DESTACADAS	7
4. APOYO DE EMPRESAS E INSTITUCIONES AL PROYECTO	9
5. AGRADECIMIENTOS	10

1. LOGROS FUNDAMENTALES

El proyecto ODSTRACK ha arrojado luz a una temática tabú dentro del mundo de los ferrocarriles. Como ya se ha visto en anteriores informes el sector ferroviario no es muy reacio a cambios importantes y menos si estos no están comprobados de una forma técnica y precisa. Mucho de los elementos y las configuraciones empleadas hasta el momento se han basado fundamentalmente en ensayos de prueba-error y muchos de ellos sin ningún apoyo de cálculos numéricos o teóricos.

El proyecto ODSTRACK ha roto una brecha hacia el avance en ese sentido tocando un tema especialmente sensible como es un elemento fundamental en la superestructura ferroviaria como es la traviesa de vía.

El proyecto ha aportado datos importantes sobre distanciamientos a lo largo del mundo demostrando que se puede ir más allá de los 600 mm de separación y gracias a los ensayos de laboratorio y la modelización numérica ha dado cifras de espaciamiento de hasta 700 mm. Los valores más restrictivos son los desplazamientos verticales del carril que en función de la velocidad pueden superar los umbrales impuestos por los Administradores de infraestructuras. Sin embargo, en vías convencionales y por debajo de velocidades de 200 Km/h este distanciamiento es posible.

A partir de esa distancia de 700 mm se han observado comportamientos anómalos y no predecibles de los elementos de la superestructura ferroviaria.

Como se ha visto el proyecto ha constado de modelización numérica y desarrollo experimental en laboratorio alcanzando niveles de madurez tecnológica del entorno de TRL4.

Es clave y es fundamental la continuidad de la investigación en un entorno real, es decir en un tramo de vía a escala donde pueda ser testadas las variables aquí estudiadas.

Los miembros del equipo del proyecto, han presentado la idea a convocatorias de Proyectos Prueba de Concepto para poder seguir con la idea desarrollarla y poder dar de forma definitiva una respuesta al aumento en la separación de traviesas.

Como se ha dicho, el proyecto ODSTRACK ha estudiado la separación óptima de traviesas para crear un diseño más optimizado de vía durante la fase de investigación, llegando a un TRL4. Para ello se ha utilizado una modelización numérica y unos ensayos en laboratorio de una sección simplificada de vía.

Se propondrá un proyecto prueba de concepto a partir de los resultados del proyecto ODSTRACK.

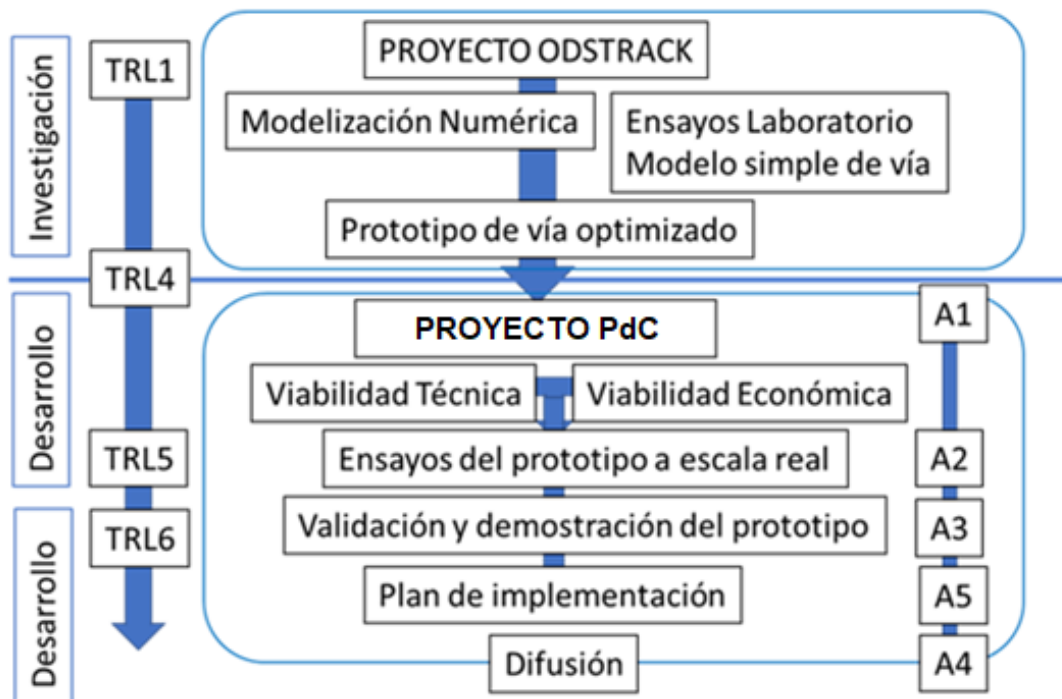


Figura 1 Esquema de la metodología a seguir en el proyecto propuesto (PROYECTO PdC) como prueba de concepto a través del proyecto ODSTRACK.

El objetivo general del proyecto prueba de concepto es valorar un prototipo óptimo de vía (ya desarrollado en el proyecto ODSTRACK), basado fundamentalmente en el aumento de la separación entre los apoyos de carril, las traviesas. Para validarlo se va a analizar la influencia en el funcionamiento de la vía mediante ensayos a escala real (en un entorno relevante). Este prototipo óptimo de vía supondrá un ahorro significativo en los costes de fabricación y construcción, así como un ahorro medioambiental. Se reducirá el coste energético y su huella de carbono. El prototipo resultado de este proyecto, OPTI-TRACK, está basado en el estudio y resultados de los ensayos experimentales y simulación numérica llevados a cabo en el marco del proyecto ODSTRACK (convocatoria RETOS 2018) que se ha desarrollado.

A través de este nuevo proyecto (prueba de concepto) planteado se pretende: 1) comprobar que el diseño de vía basado en el aumento de la distancia entre las traviesas de vía es óptimo de una forma real. 2) que el prototipo óptimo es viable técnica, medioambiental y económicamente en un entorno a escala real. Para ello se comprobará que la tecnología responde a las necesidades previstas y el prototipo se comporta de acuerdo a lo esperado. 3) Realizar un análisis del beneficio económico real basado en la validación a escala real. Se comprobará que el prototipo y la metodología son viables desde un punto de vista económico. 4) Se analizará en profundidad el ahorro medioambiental real asociado a la ejecución y puesta en obra. Esta cuantificación del ahorro en materiales, energía, y reducción de la huella de carbono, se realizará durante la construcción del prototipo. 5) Las pruebas a escala real permitirán además comprobar otras variables, como la estabilidad transversal del prototipo de vía, que no se han definido en el proyecto ODSTRACK. 6) Se realizará un plan de implementación del prototipo resultado de este nuevo proyecto.

2. RESULTADOS MAS IMPORTANTES

Dentro del ámbito del proyecto el equipo de investigación ha podido realizar varias publicaciones y presentaciones de ponencias en congresos de prestigio Internacional, así como en workshops y la divulgación de los resultados a través de talleres técnicos dentro de Masters en relación con los ferrocarriles.

2.1 Artículos en revistas indexadas, Conferencias y Congresos Internacionales y Workshops

Publicaciones en revistas con “peer review” directamente relacionadas con los resultados del proyecto.	
1.	David Garcia, Roberto Sañudo*, Marina Miranda, Nerea Tárrago, Stanislav Lenart, (2021) RAIL EXPANSION DEVICES AND MAXIMUM DILATION LENGTH IN RAILWAY BRIDGES. AN EXPERIMENTAL STUDY. ENGINEERING STRUCTURES. Publicado. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111605 . Corrigendum to “Rail expansion devices and maximum dilation length in railway bridges. An experimental study” [Eng. Struct. 229 (2021) 111605].
2.	Rodríguez, A., Sañudo, R., Miranda, M., Gómez, A., & Benavente, J. (2021). Smartphones and tablets applications in railways, ride comfort and track quality. Transition zones analysis. Measurement, 182, 109644.
3.	Ortega, R. S., Pombo, J., Ricci, S., & Miranda, M. (2021). The importance of sleepers spacing in railways. Construction and Building Materials, 300, 124326.
Otras publicaciones científico-técnicas directamente relacionadas con los resultados del proyecto.	
1.	Amato, S., Sañudo, R., Augeri, M.G. (2020). EL PROYECTO ODSTRACK. Separación Óptima de Traviesas en vías convencionales y de Alta Velocidad. Modelización 2D. Trabajo Fin de Grado. Universidad Tor Verhata (Italia).
2.	Alonso, F.A., Sañudo, R., Perez, M.A. (2021). Análisis de deformaciones e integridad de las sujeciones en vía para diferente separación entre traviesas. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Cantabria.
3.	Alahian, I., Sañudo, R., dell'Olio, L. (2021). Análisis Estático-Numérico en 3D de la Separación entre Traviesas de Vías Férreas. Trabajo Fin de master. Universidad de Cantabria.
4.	Casado, J., Sainz-Aja, J.A., (2022) Influencia de la separación de las traviesas ferroviarias en el comportamiento mecánico de la vía. Trabajo Final de Grado. Universidad de Cantabria.
Publicaciones en libros/capítulos de libros	
1.	Hormigón y Acero. Revista cuatrimestral de ACHE Asociación Española de Ingeniería Estructural. Mayo 2011. Volumen 73. Especial VIII Congreso Internacional de Estructuras de la Asociación Española de Ingeniería Estructural. Libro de Ponencias. ISSN 0439-5689.
2.	13-7th International Conference on Road and Rail Infrastructure Print ISSN: 1848-9842, Electronic ISSN: 1848-9850. Proceedings
3.	12-Monográfico Jornada Tecnica.I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria. Granada 27 octubre 2021. ISBN: 978-84-124720-0-4. Monográfico.
Publicaciones en “open acess” directamente relacionadas con los resultados del proyecto.	
1.	Sañudo, R., Jardí, I., Martínez, J. C., Sánchez, F. J., Miranda, M., Alonso, B., ... & Moura, J. L. (2021). Monitoring Track Transition Zones in Railways. Sensors, 22(1), 76.
2.	Sañudo, R., Miranda, M., Alonso, B., & Markine, V. (2022). Sleepers Spacing Analysis in Railway Track Infrastructure. Infrastructures, 7(6), 83.
3.	Sañudo, R., Goswami, R. R., Ricci, S., & Miranda, M. (2022). Efficient Reuse of Railway Track Waste Materials. Sustainability, 14(18), 11721.

<u>Asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el proyecto</u>
<p>Nombre del congreso/conferencia/ workshop: JORNADA TÉCNICA I+D+i en Materiales y Tecnologías de Construcción y Mantenimiento para la Infraestructura Ferroviaria. Granada. España.</p> <p>Tipo de comunicación: Poster, Ponencia Oral. Optimal Distance Between Sleepers in Conventional and High-Speed Tracks “ODSTRACK project”.</p> <p>Autores*: R. Sañudo</p> <p>Año: 2021 Carácter: Nacional</p>
<p>Nombre del congreso/conferencia/ workshop: 7th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA 2022. Pula-Croatia.</p> <p>Tipo de comunicación: Artículo, ponencia oral. Simplified analysis of railway track degradation by mobile applications.</p> <p>Autores*: Raj-Goswami, R. Sañudo, S. Ricci</p> <p>Año: 2021 Carácter: Internacional</p>
<p>Nombre del congreso/conferencia/ workshop: VIII Congreso Internacional de Estructuras. De la Asociación Española de Ingeniería Estructural. Santander. España.</p> <p>Tipo de comunicación: Artículo, Ponencia oral. Análisis estructural de la separación de traviesas en vías de ferrocarril.</p> <p>Autores*: R. Sañudo, J.N. Varandas, J. Pombo, M. Miranda, L. dell’Olio</p> <p>Año: 2022 Carácter: Internacional</p>
<p>Nombre del congreso/conferencia/ workshop: The fifth International Conference on Railway Technology. Railways 2022.</p> <p>Tipo de comunicación: Artículo, Ponencia oral. Sleepers spacing. Introduction to Odstrack project.</p> <p>Autores*: R. Sañudo, J.N. Varandas, S. Ricci, J. Pombo, V. Markine, B. Alonso.</p> <p>Año: 2022 Carácter: Internacional</p>
<p>Nombre del congreso/conferencia/workshop: The fifth International Conference on Railway Technology. Railways 2022.</p> <p>Tipo de comunicación: Artículo, ponencia oral. Reverse Centrifugal Thrust Study of the Transverse Resistance of the Track</p> <p>Autores*: F.J. Fernandez-Hernandez, F.J. Fernandez-Martinez, A. Gaute, R. Sañudo, D. Garcia-Sanchez.</p> <p>Año: 2022 Carácter: Internacional</p>

2.2 Talleres y Seminarios

Se han desarrollado talleres en la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Santander, tanto el Departamento de Transportes (Grupo SUM+LAB) como el Departamento de Materiales y Ciencias del Terreno y de los Materiales (LADICIM) han permitido al IP el uso de sus instalaciones para realizar varios seminarios sobre los resultados del proyecto ODSTRACK.

También se ha llevado a cabo un seminario dentro del Master en Ingeniería Ferroviaria UC-MAFEX que se imparte en la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y puertos de Santander. Los seminarios se han realizado en varias sesiones dentro del master en ingeniería ferroviaria, explicando los resultados del proyecto y generando un foro de discusión y debate.

Se han llevado a cabo workshops en el Dpto de transportes promocionado por el Grupo SUM+LAB al que pertenecen el Investigador Principal y el personal del equipo de investigación, así como en el Dpto de materiales promocionado por el Grupo LADICIM.

La acogida de la idea entre el alumnado y los departamentos participantes ha sido buena. Desde el punto de vista de los materiales se apuntó en hacer más hincapié en el estudio de los componentes de la sujeción (los clips elásticos), por su parte también se recomendó seguir con los resultados e ir más allá, proponiendo un estudio a escala real.

La idea fundamental que se ha intentado transmitir a los alumnos es que es posible una construcción más eficiente, más económica y menos dañina con el medioambiente tanto a corto como a largo plazo.



Figura 2 Cartel difusión de los resultados del proyecto ODSTRACK. El IP Roberto Saludo durante un seminario impartido a los alumnos de la 3ª Edición del Master en Ingeniería Ferroviaria UC-MAFEX de la Universidad de Cantabria.

3. COLABORACIONES DESTACADAS

Las entidades de los colaboradores han ayudado a la difusión de los objetivos del proyecto, así como a la difusión de los resultados del mismo. Los colaboradores y sus Instituciones se resumen la siguiente tabla.

Tabla 1 Colaboradores y entidades a las que pertenecen.

COLABORADOR	INSTITUCION
Jose Nuno Varandas	Universidad Nova de Lisboa
Stefano Ricci	Universidad de la Sapienza
Valeri Markine	Universidad Tecnológica de Delft
Joao Pombo	Universidad de Huddersfield

Ignacio Jardí	Ferrovial Agroman.
	Railways Innovation Hub.
Wolf Dietrich	Railistics GmbH.
David Garcia	TECNALIA
Jose Conrado Martinez	ADIF

1. La Universidad de Cantabria (Institución de acogida del proyecto Odstrack y de su Investigador Principal) , los grupos LADICIM, SUM+LAB y el Grupo de Geotecnia.

El grupo SUM+LAB es el grupo al que pertenece el IP. Este grupo ha prestado equipamiento e infraestructuras al IP como apoyo para el proyecto ODSTRACK, fundamentalmente material informático, recursos bibliográficos y apoyo en la investigación principal a través del facilitador y del miembro del equipo de investigación. El Grupo LADICIM, ha prestado el equipamiento e infraestructuras al IP para la realización de los ensayos de laboratorio. El Grupo de Geotecnia ha colaborado ayudando en la investigación de los efectos de la separación entre traviesas. Esta colaboración se ha materializado durante toda la duración del proyecto.

2. Con la Universidad de Huddersfield (Huddersfield, Reino Unido), a través de la colaboración con el Profesor Joao Pombo del Departamento: Department of Engineering and Technology. Esta colaboración se ha materializado con la publicación de varios artículos en relación al proyecto. El Profesor Joao Pombo también ha colaborado con su experiencia en los ensayos en laboratorio. Este proyecto ha servido para establecer lazos con esta Universidad, así como con el Institute of Railway Research de la misma Universidad.

3. Con la Universidad de la Sapienza (Roma, Italia) a través de la colaboración con el Profesor Stefano Ricci del Departamento: Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Industriale (DICEA). El Profesor Stefano ha colaborado en la investigación durante el desarrollo del proyecto de distanciamiento entre traviesas. Ha incidido más en la valoración económica y en otros estudios a lo largo del mundo, así como en la selección de las variables más importantes para el estudio numérico. La colaboración durante el proyecto ha servido para establecer lazos más cercanos de colaboración entre la Universidad de Cantabria y la Universidad de La Sapienza en Roma.

4. Con la Universidad Tor Vergata (Roma, Italia) mediante la colaboración con la Profesora Maria Grazia Augeri de Departamento: Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica (DICII). La Profesora Maria Grazia ha participado en la modelización numérica en 2 dimensiones y ha tutorizado a la alumna Sara Amato de Serpis en la publicación del Trabajo Fin de Máster versa en una parte de esos cálculos numéricos en 2 dimensiones.

5. Con la Universidad de Delft, a través del Profesor Valeri Markine de la sección “Road and Railway Engineering”, Faculty of Civil Engineering of TU Delft. El profesor Valeri Markine ha ayudado en la modelización 3D así como en la definición de las variables importantes de la superestructura ferroviaria. La colaboración continúa con el Profesor Valeri Markine. Gracias a este proyecto se ha abierto una línea de colaboración con este tema.

6. Con la Universidad NOVA de Lisboa (NOVA University of Lisbon) a través del Profesor José Nuno Varandas del Departamento de Ingeniería Civil. Este profesor ha prestado su apoyo al proyecto y ha mostrado interés por los resultados del mismo. Su colaboración ha resultado importante para la modelización 2D y en la modelización 3D.

Todas estas colaboraciones van más allá de la escala temporal del proyecto y han permitido crear vínculos y reforzar los existentes para posibles vías de colaboración futura.

4. APOYO DE EMPRESAS E INSTITUCIONES AL PROYECTO

El Investigador Principal, así como su equipo de investigación agradecen el interés y la colaboración de las siguientes empresas tanto en el desarrollo como en los resultados del proyecto ODSTRACK.

Durante este primer periodo y toda la duración del segundo periodo del proyecto ODSTRACK, ha habido varias colaboraciones con empresas. En general han mostrado un interés inicial por el proyecto y lo han seguido hasta su desarrollo final.

Con la empresa Ferrovial a través de su sección de Ferrocarriles en Ferrovial Construcción el Railway Innovation Hub, Ignacio Jardi. Ha apoyado en la difusión del proyecto invitando al IP como conferenciante invitado a las Jornadas VI: Encuentros de Innovación en Movilidad Ferroviaria. En ellas se introdujo el proyecto ODSTRACK a la Industria del Sector Ferroviario español. Fue en diciembre 2019 en Málaga. Railway Innovation Hub (RIH).

La empresa Tecnia Research & Innovation, a través del Senior Reseacher, David Garcia-Sanchez también ha mostrado interés y ha apoyado al proyecto. La colaboración ha ayudado en la recopilación de información relativa al espaciamiento entre traviesas y la influencia de este espaciamiento en la dilatación del carril. Están previstas más colaboraciones futuras con la empresa.

ADIF por su parte ha mostrado su interés especial en los resultados del proyecto por considerar un asunto clave para la infraestructura ferroviaria. Así lo ha manifestado el subdirector de innovación Tecnológica, José Conrado Martínez Acevedo a través de su carta de apoyo al proyecto, su seguimiento y el interés por conocer los resultados del mismo.

La empresa Consultora Alemana especializada en temas ferroviarios, RAILISTICS gmbh, de sede en Wiesbaden, también sigue de cerca los resultados del proyecto ODSTRACK. Su fundador Wolf Dietrich ha mostrado interés y apoyo al proyecto. Están muy interesados en los resultados del mismo.

La empresa administradora FS (Ferrovie dello Stato) también ha mostrado su interés por el conocimiento de los resultados finales del proyecto ODSTRACK. Esto ha sido posible gracias a la colaboración con la alumna Sara Amato de Serpis, quien realizó su Trabajo Final de Master en relación a los cálculos del proyecto ODSTRACK y ahora trabaja en dicha empresa italiana.

La empresa Agrupación Cántabra de Construcción e Ingeniería SA (ACCISA S.A.), empresa constructora y de mantenimiento de vía, también ha mostrado su apoyo y se ha interesado por los resultados del proyecto ODSTRACK. Con esta empresa el equipo de investigación ha presentado un proyecto Prueba de concepto continuando la idea principal del proyecto ODSTRACK a la convocatoria de Proyectos Prueba de Concepto de 2022.

Desde este punto D5. El IP y su equipo de Investigación agradecen el apoyo y las muestras de interés a la idea inicial por parte de todas las empresas y colaboradores del mundo empresarial. Esto respalda y refuerza la importancia de la idea presentada y desarrollada (hasta nivel experimental) del proyecto ODSTRACK.

5. AGRADECIMIENTOS

El investigador Principal del proyecto ODSTRACK y su equipo de investigación, así como el facilitador y todos los colaboradores en el mismo quieren dar las gracias al apoyo y financiación de las siguientes entidades:

- Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades.
- Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Agencia Estatal de investigación.
- Unión Europea. Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Durante la concesión de la ayuda:



Ministerio de Ciencia,
Innovación y Universidades



UNION EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL
"Una manera de hacer Europa"

Unión Europea.
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Agencia Estatal
de Investigación

Durante la ejecución del proyecto:

Ayuda RTI2018-096809-J-I00 financiada por MCIN/AEI y por FEDER "Una manera de hacer Europa".



UNIÓN EUROPEA



FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL

"Una manera de hacer Europa"



Y a la institución de acogida la Universidad de Cantabria.

El Investigador principal y el miembro del equipo de investigación y el Investigador Facilitador quieren dar las gracias personalmente al Ministerio de Ciencia e Innovación, al Fondo Europeo de Desarrollo Regional y a la Agencia Estatal de Investigación, así como a la Institución de acogida la Universidad de Cantabria por la oportunidad y la nueva vía de investigación abierta gracias al desarrollo y los resultados del proyecto ODSTRACK