

# TRATAMIENTO INTEGRAL SOSTENIBLE ANTICONTAMINACIÓN PARA LA CREACIÓN DE CORREDORES VERDES FERROVIARIOS

## RECOVER



Retos de Colaboración 2015  
RETO TRANSPORTE SOSTENIBLE, INTELIGENTE E INTEGRADO



1. Objetivos del proyecto
2. Determinación de contaminantes
3. Tratamiento por recubrimiento del balasto a base de sol-gel
4. Tratamiento por IIPs en base de poliuretano
5. Fitorremediación
6. Biorremediación
7. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de las soluciones anticontaminantes
8. Gestión del balasto modificado tras su vida útil
9. Prueba a escala real
10. Recomendaciones normativas y explotación de resultados

**Creación de Corredores Ferroviarios Verdes** a través de la eliminación o mitigación de la contaminación asociada a la explotación de estas infraestructuras.

**Desarrollar sistemas de captación y eliminación de contaminantes** (metales pesados e hidrocarburos) mediante distintas tecnologías:

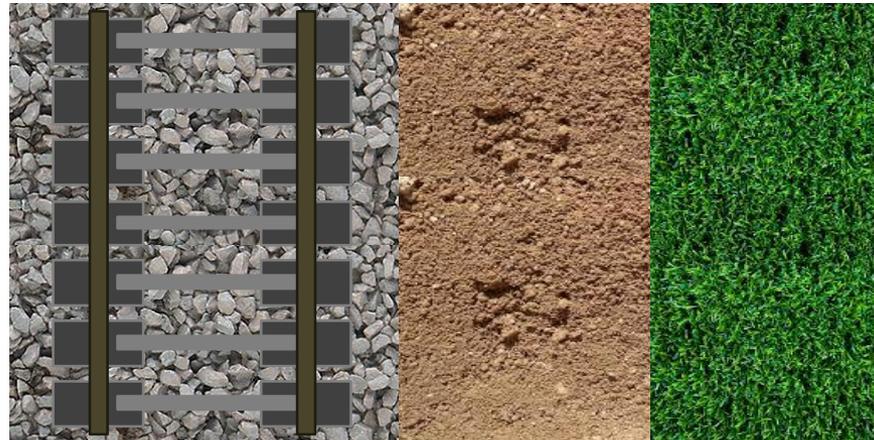
- Balasto modificado por **recubrimiento sol-gel** basado en **óxido de silicio** para captar metales y **óxido de titanio** para degradación de hidrocarburos.
- Balasto modificado con **polímeros impresos iónicamente** en base de **poliuretano (IIPs)** para **absorción selectiva de metales pesados**.
- Procesos de **fitorremediación** y **biorremediación** (bioaumento de la población microbiana del suelo)

- **Selección de un tramo de vía donde existan contaminantes:**
  - **Metales pesados** (cobre, cromo, plomo, zinc, mercurio, arsénico)
  - **Hidrocarburos** (TPH's o hidrocarburos procedentes del petróleo)
- **Catas a diferentes profundidades**
- **Análisis químico detallado**

≠ Distancia  
≠ Profundidad



Ámbito de actuación



Sol-Gel + IIPs

Biorremediación

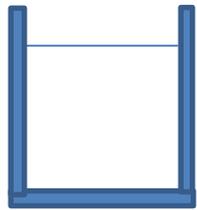
Biorremediación  
Fitorremediación

En estos momentos se está trabajando en:

### A) ADSORCIÓN DE METALES: SÍLICES ORGANOFUNCIONALIZADAS

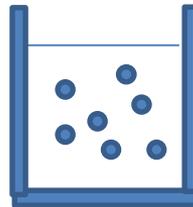
#### 1. Preparación de la formulación sol-gel

Precursores sol-gel  
de Óxido de Silicio



Hidrólisis de los  
distintos  
componentes

Nanosol



Durante la síntesis sol gel, se adicionan precursores con grupos capaces de interaccionar con los metales que se desean eliminar (-NH<sub>2</sub>, -SH). Se varían parámetros como:

- Porcentaje sólido de la mezcla
- Relación entre componentes
- Medio de reacción
- Tiempo de hidrólisis
- Etc.

Lyogel



#### 2. Recubrimiento mediante spray y reticulación a T amb.

El sol se aplica sobre balasto sometido previamente a un tratamiento de limpieza.

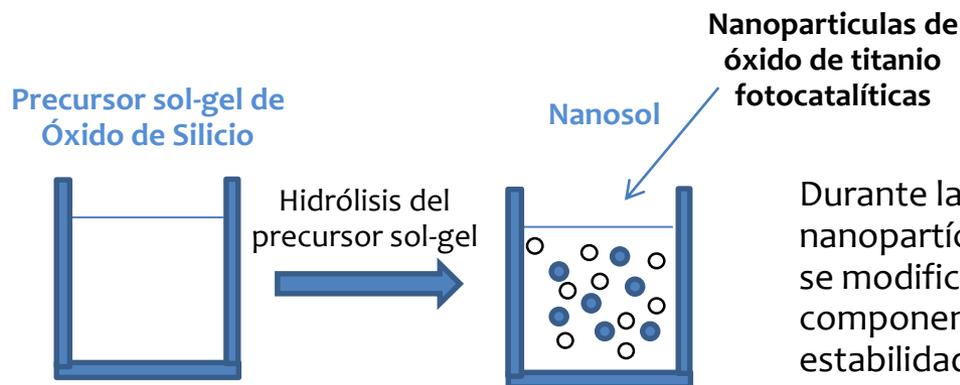
#### 3. Ensayo adsorción

El balasto modificado se pone en contacto con la disolución de metales a adsorber (Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>) para comprobar así su eficacia.

### B) DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS: FOTOCATÁLISIS CON $\text{TiO}_2$

Son bien conocidas las propiedades fotocatalíticas del óxido de titanio para la degradación de compuestos fenólicos y colorantes orgánicos. Es uno de los fotocatalizadores más eficientes debido a las siguientes propiedades: altamente estable, económico, no tóxico, etc..

#### 1. Preparación de la formulación sol-gel



Durante la síntesis sol gel, se adicionan las nanopartículas de óxido de titanio. En este caso se modifica el pH del medio y se adicionan otros componentes que ayudan a la dispersión y estabilidad de dichas nanopartículas.

Lyogel



#### 2. Recubrimiento mediante *spray* y reticulación a T amb.

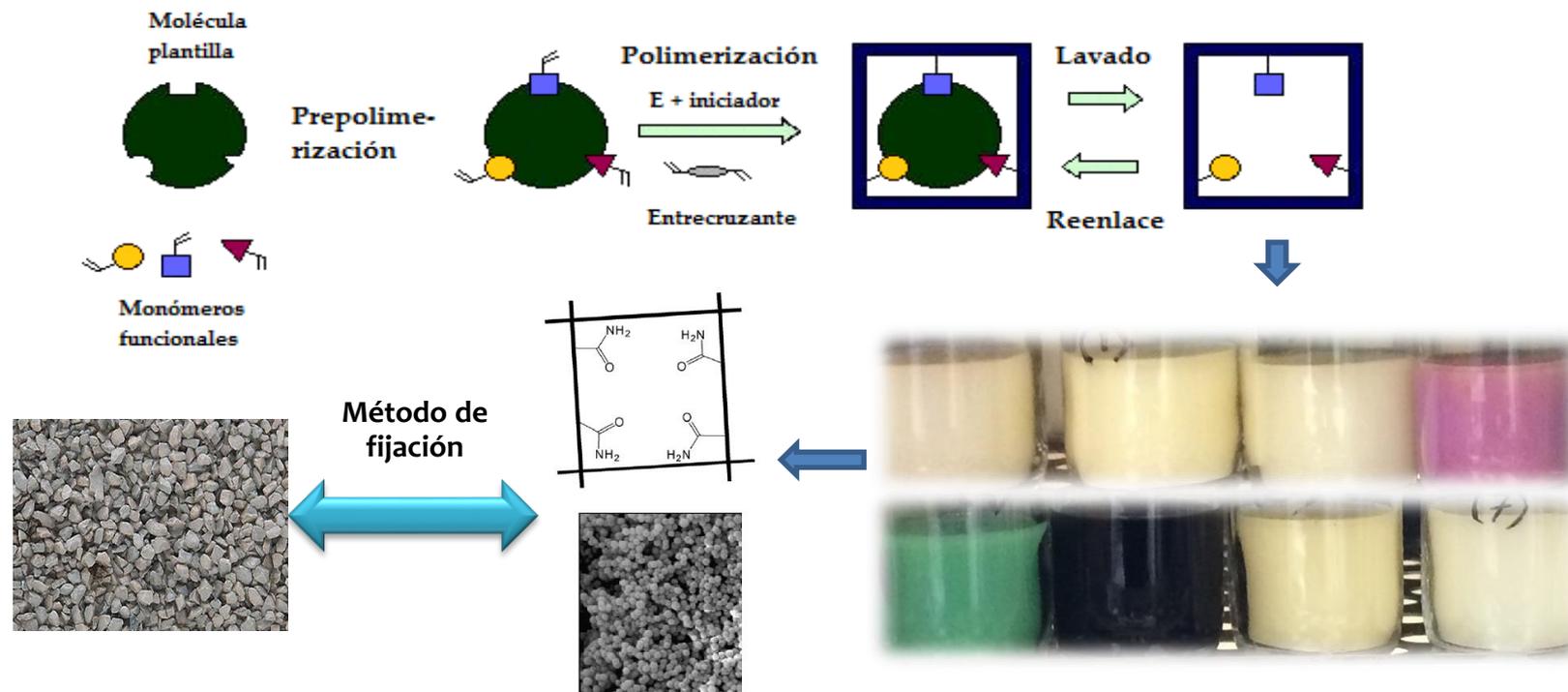
El sol se aplica sobre balasto sometido previamente a un tratamiento de limpieza.

#### 3. Ensayo fotocatalítico

El balasto modificado se pone en contacto con la disolución de hidrocarburos a degradar para comprobar su eficiencia.

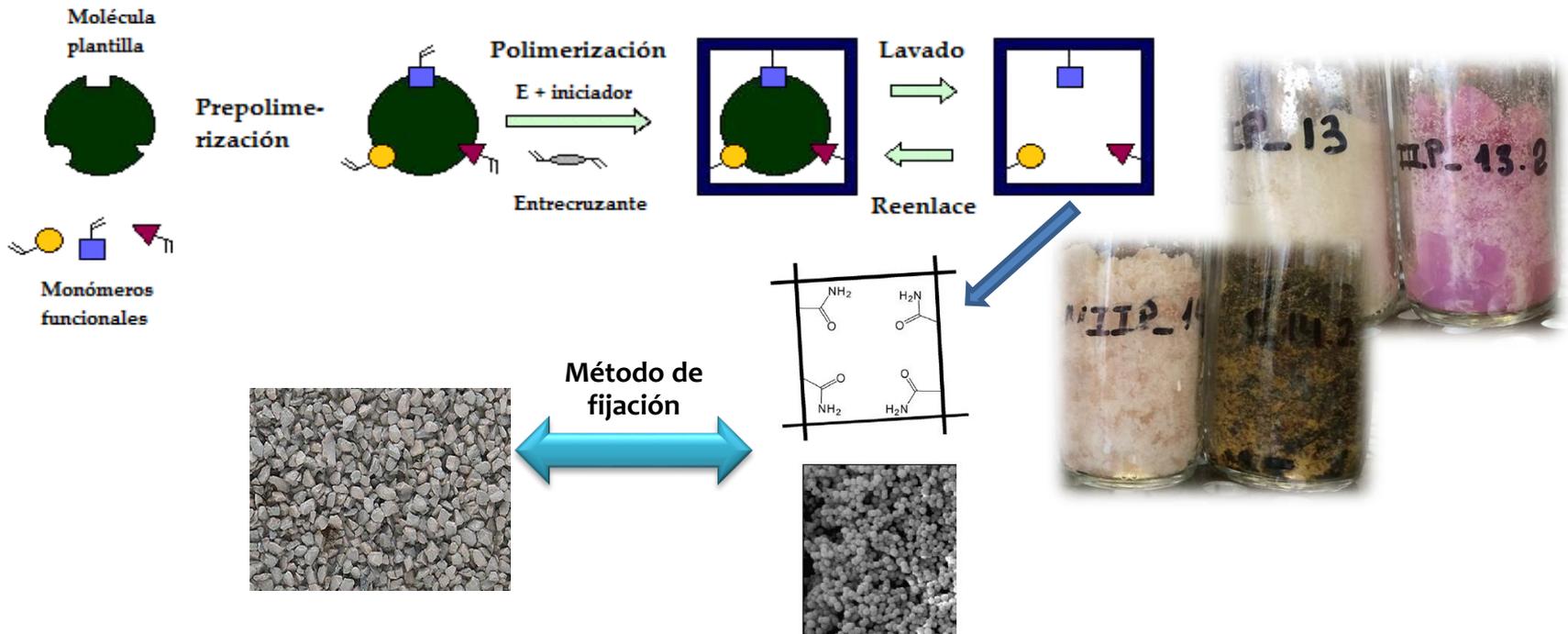
### TRATAMIENTO POR POLÍMEROS IMPRESOS IÓNICAMENTE (IIPs) EN BASE DE POLIURETANO (PU)

- Desarrollo de un **polímero impreso iónicamente** con cavidades o sitios específicos de enlace para la absorción selectiva de iones de metales pesados: Ni, Cr, Zn, Co, Cd, Pb, As, Hg.
- Desarrollo de un **sistema de fijación** de polímeros impresos iónicos sobre balastos en base a uso de poliuretanos como matrices portantes



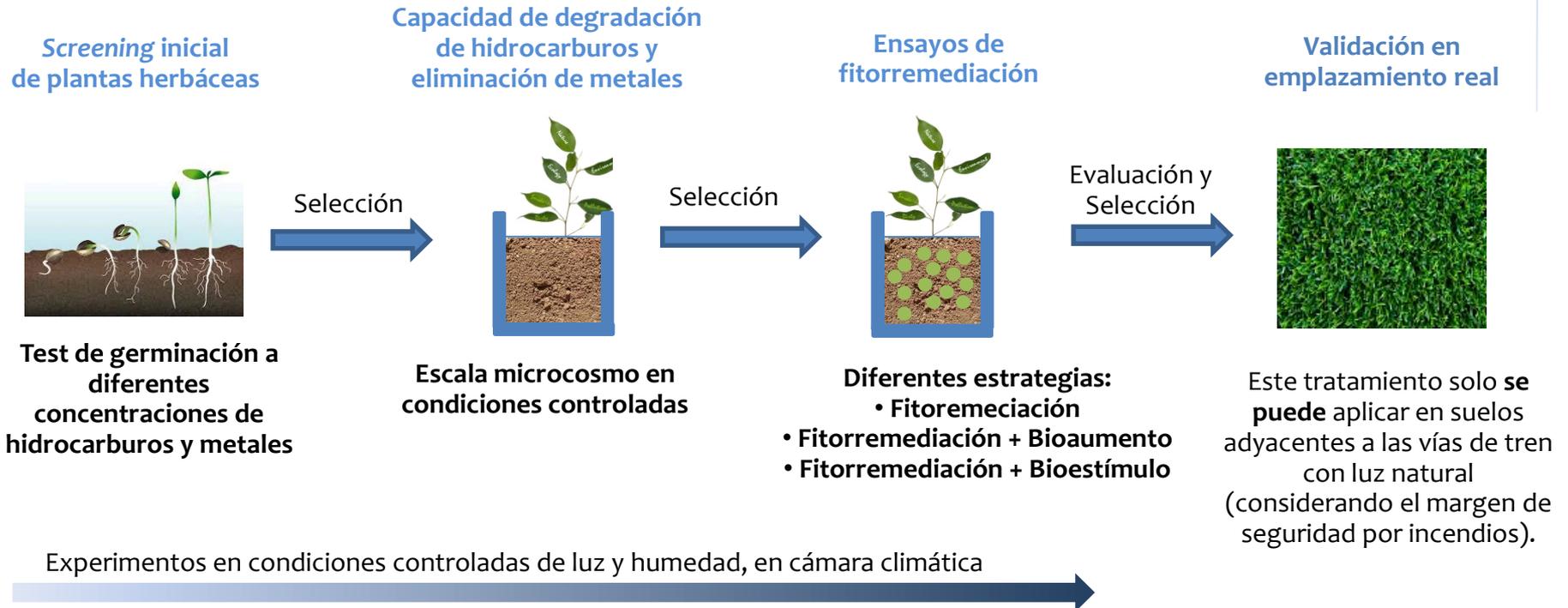
### TRATAMIENTO POR POLÍMEROS IMPRESOS IÓNICAMENTE (IIPS) EN BASE DE POLIURETANO (PU)

- Desarrollo de un **polímero impreso iónicamente** con cavidades o sitios específicos de enlace para la absorción selectiva de iones de metales pesados: Ni, Cr, Zn, Co, Cd, Pb, As, Hg.
- Desarrollo de un **sistema de fijación** de polímeros impresos iónicos sobre balastos en base a uso de poliuretanos como matrices portantes



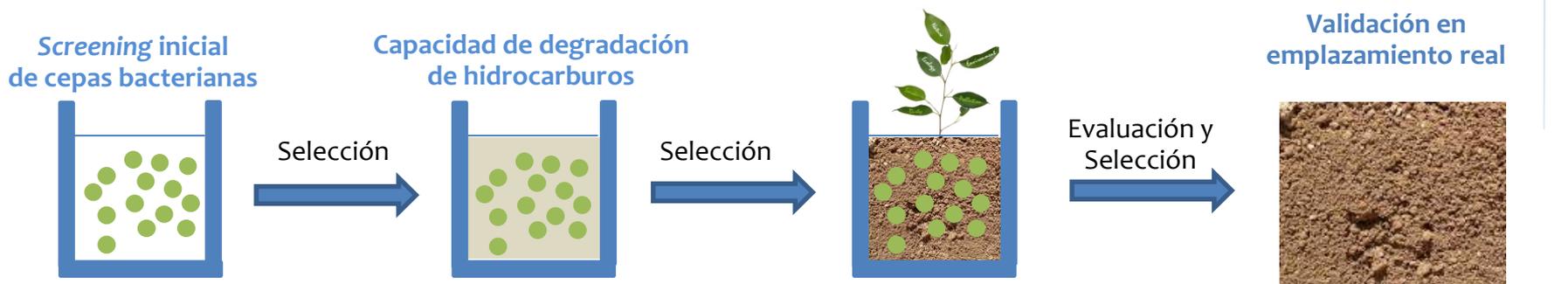
## ELIMINACIÓN DE METALES E HIDROCARBUROS MEDIANTE PLANTAS

Se estudiarán diferentes estrategias para la **utilización de diferentes especies vegetales** para la eliminación de contaminantes (principalmente hidrocarburos y metales) del suelo. Se estudiarán las posibles sinergias con las técnicas de bioaumentación y bioestimulación.



### ELIMINACIÓN DE METALES E HIDROCARBUROS MEDIANTE CEPAS BACTERIANAS

Se estudiarán diferentes estrategias para **bioestimular y bioaugmentar** la población bacteriana del suelo para mejorar la capacidad de eliminación de contaminantes del suelo (principalmente hidrocarburos), así como promover la capacidad de crecimiento de la vegetación presente (sinergia con los ensayos de fitorremediación).



- Test de concentración mínima inhibitoria de los contaminantes
- Producción de enzimas promotoras del crecimiento vegetal

#### TIPOS DE CEPAS:

- **Aisladas del suelo real:** con capacidad degradadora de hidrocarburos y/o promoción del crecimiento vegetal con el objetivo de aumentar la acumulación de metales por parte de las plantas usadas en los ensayos de fitorremediación.
- **Comerciales**

#### Ensayos de bioaugmentación y bioestimulación

- Diferentes estrategias para:
- Promover la capacidad degradadora de contaminantes de la comunidad microbiana del suelo
  - Promover el crecimiento de las plantas con capacidad de bioacumular metales

El/los tratamientos seleccionados en laboratorio serán aplicados en suelos adyacentes a las vías de tren

## ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) DE LAS SOLUCIONES ANTICONTAMINANTES

El análisis del ciclo de vida de las soluciones anticontaminantes propuestas permitirá analizar los **impactos ambientales** a lo largo de todo su ciclo de vida, desde las materias primas, la aplicación y escenario de fin de vida, incluyendo transporte y otros procesos que estén relacionados.

La metodología de **Análisis de Ciclo de Vida** está basada en recomendaciones europeas (ILCD Handbook, PEF) y en las normas internacionales ISO 14040-44, siguiendo **4 fases**:

- (1) Definición de Objetivos y alcance
- (2) Análisis del Inventario
- (3) Evaluación de los impactos ambientales
- (4) Interpretación de los resultados



### GESTIÓN DEL BALASTO CONTAMINADO TRAS SU VIDA ÚTIL

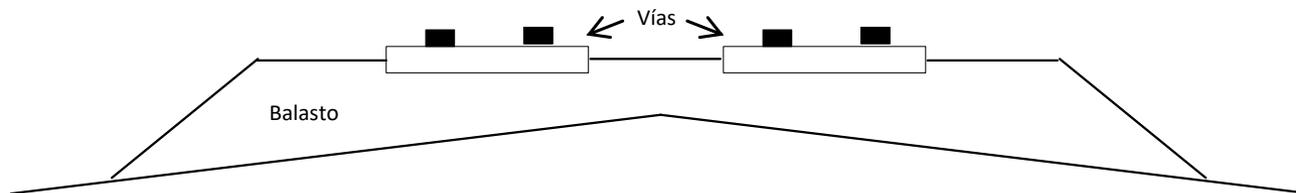
Estudio de técnicas de recuperación de suelos que resulten más convenientes , entre ellas:

- Técnicas de **extracción, lavado o flushing** de metales pesados con disolventes adecuados (recuperación de balasto absorbente libre de metales)
- **Solubilización del PU** con disolventes: recuperación de IIPs (no solubles) en formato polvo. Tratamiento posterior de lavado y eliminación de metales. Así, se propone la recuperación separada de balastos, PU en disolución e IIP purificados. Los tres componentes podrían ser reutilizados.
- **Incineración de balastos contaminados.**

Eficacia ↔ Viabilidad técnica ↔ Viabilidad económica

### PRUEBA A ESCALA REAL

Una vez determinado el tratamiento anticontaminante óptimo sobre balasto y el suelo adyacente se **aplicarán** estas tecnologías en un **tramo de vía férrea** (geometría en figura)



- **Localización:** tramos que se ajusten a requisitos detallados, preferentemente en el mismo tramo donde se hayan realizado las catas
- **Escalado tecnologías**
- **Ejecución** tramos de prueba
- Evaluación **efectividad tecnologías** desarrolladas: disminución carga contaminante

### RECOMENDACIONES NORMATIVAS, BUSINESS PLAN Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

- Estudio del estado actual de la **legislación en las distintas Comunidades Autónomas** para, en función de los resultados obtenidos de las distintas técnicas anticontaminantes, establecer **recomendaciones y protocolos de prevención y descontaminación del suelo** en vías de ferrocarril.
- Contribución en el desarrollo de la **legislación de contaminación de suelos a nivel estatal y europeo**.
- Propuesta de tratamientos de prevención y remediación de la contaminación en vías férreas al **usuario final (ADIF)**, para su valoración en su **estrategia medioambiental**.
- Confección de un **Business Plan** para la **explotación de resultados**.

# Gracias por su atención

## Persona de contacto:

### LEITAT:

Sonia Sanchis ([ssanchis@leitat.org](mailto:ssanchis@leitat.org))

Sole Rico ([srico@leitat.org](mailto:srico@leitat.org))

### COMSA:

Miquel Morata ([miquel.morata@comsa.com](mailto:miquel.morata@comsa.com))

### CETIM:

Mar Castro ([mcastro@fundacioncetim.com](mailto:mcastro@fundacioncetim.com))